

Radiový Konstruktor

ROČNÍK II

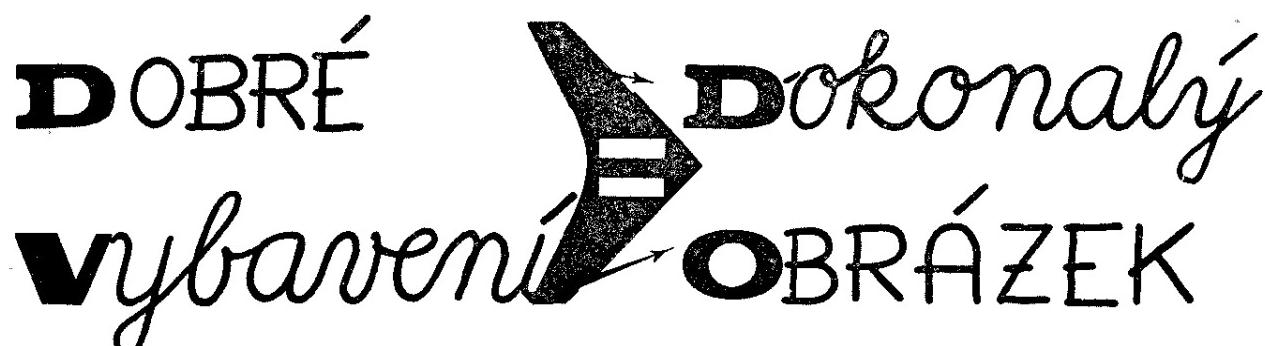
1966

č. 6

Od nepaměti vštěpovali mistři svým učedníkům jednu zásadu: chceš-li dělat pořádnou práci, dej si napřed do pořádku nářadí. To platí i dnes při každé práci a tedy i při fotografování, kde se bez přesnosti a svědomitosti vůbec neobejdeme. Už dávno totiž minuly doby, kdy celé vybavení fotoamatéra se skládalo z aparátu, zvětšováku a dvou mističek na vývojku a ustalovač; kdy pořídit snímek v místnosti znamenalo stavět aparát na stativ a nutit celou rodinu, aby nějakou tu vteřinku vydržela bez pohnutí, nebo slibovat dětem, že „vyletí ptáček“, aby se aspoň chvílkou vydržely bez hnutí dívat do objektivu.

také vedlo k tomu, abychom toto číslo RK věnovali elektronice ve fotolaboratoři. Snad si každý vybere podle toho, na co se cítí; naší snahou bylo vybrat jednotlivá zařízení pro každého – od nejjednodušších až po náročnější.

Nemyslete si však, že pořídit si takovou elektronickou fotolaboratoř znamená jen mačkat knoflíky a dávat do leštětky snímky, které mohou jít rovnou na výstavu. Technika zpracování a zhodnocení snímku je jen jednou stránkou téhle mince. Druhou – a namnoze rozhodující – zůstává výtvarný cit fotoamatéra, umění dívat se očima objektivu a vypadávat takové záběry, které přesahují



Dnes má fotoamatér jiné možnosti; fotografie totiž patří mezi obory, v nichž elektronika způsobila revoluci. Expozimetry, elektronické blesky, elektronické časové spínače, automatické osvitoměry, elektronická zařízení k udržování teploty lázní – to všechno dává možnost pracovat pohodlně, precizně a s dokonalými výsledky. Pořídit si takové vybavení nemusí ani taklik bolet kapsu, pokud se fotoamatér trochu vyzná v elektronice. Že je takových fotoamatérů dost, to potvrdila letošní anketa Amatérského radia. Na otázku, jakou zálibu mají jednotliví čtenáři kromě radiotechniky, zněla nejčastější odpověď: fotografování. A to nás

běžné zachycení nějakého objektu. Všechny přístroje a zařízení mohou pomáhat jen k tomu, aby snímek byl dokonalý po technické stránce, ale nemají vliv na jeho uměleckou hodnotu.

Jestliže přesto „fandíme“ těm, kteří se rozhodnou vzít elektroniku na pomoc, pak především proto, že jim to poskytne možnost zjednodušit, zdokonalit, popřípadě do jisté míry zautomatizovat všechny mechanické úkony, aby se tím více mohli soustředit na výtvarnou hodnotu snímků. Protože – jak již bylo řečeno na začátku: chceš-li dělat pořádnou práci, dej si napřed do pořádku nářadí ...

Elektronika ve fotolaboru «

Ludvík Kellner

Elektronika výtěžně dobyla všechna odvětví moderní techniky, pronikla i do fotografické praxe, kterou si již bez určitého stupně automatizace nedovedeme ani představit. Moderní fotoamatér nebo profesionál dnes již nevystačí jen se znalostmi svého úzkého oboru; k úspěšné práci potřebuje různé pomocné přístroje a všechny jsou v podstatě elektronické. Je mnoho fotoamatérů, kteří se pustili do studia základů elektroniky, aby mohli pro sebe – a později i pro své kolegy – postavit různé elektronické přístroje, které zatím nás průmysl nevyrábí, nebo které jsou cenově málokomu přístupné. Touto cestou šel i autor těchto řádků, když před lety potřeboval časový spínač, později elektronický blesk a další přístroje.

V posledních letech vzniklo celé odvětví elektroniky, někdy nazývané fotoelektronika, zaměřené na mechanizaci a automatizaci fotografického procesu. Není již při fotografování jediného úseku, při němž by nebýla snaha zredukovat technickou stránku procesu na pouhé „mačkání konfliktů“, aby se tvůrčí pracovník mohl plně soustředit na uměleckou stránku snímku. Tuto snahu potvrzuje i vývojová tendence nových fotoaparátů a fotografických materiálů, zvláště barevných, u nichž musí být výsledek práce – má-li být úspěšný – dosažen pomocí objektivních měřicích metod.

V tomto čísle Radiového konstruktéra popíšeme princip, funkci a amatérskou stavbu elektronických přístrojů, které používáme při pořizování snímků i při jejich zpracování. Tím vlastně dochází ke sbližování dvou velkých táborů: fotoamatérů a radioamatérů – určitě ve prospěch obou.

Expozimetry – osvitoměry

Fotografické materiály – filmy i papíry, černobílé a zvláště barevné – vyžadují určité, poměrně velmi přesné osvětlení, aby po vyvolání nastalo potřebné zčernání nebo zabarvení. Výsledkem nesprávné expozičce je u černobílého materiálu podexponovaný nebo přeexponovaný snímek (nedostatečné nebo nadměrné zčernání), v barevném procesu nesprávné barvy a jejich zkreslení. Proto používáme osvitoměr (expoziometr), jímž měříme intenzitu osvětlení. Přitom převádíme neelektrickou veličinu (světlo) na veličinu elektrickou.

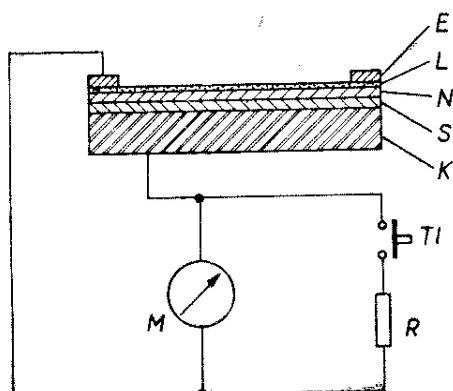
Nejrozšířenější jsou expoziometry se selenovými hradlovými fotočlánky, které jsou citlivé na světlo. Na kovový podklad se nanese tenká vrstva selenu vodivosti „p“ v tloušťce asi 0,08 mm. Na tuto vrstvu se napaří další vrstva selenu vodivosti „n“, pak průhledná vodivá vrstva zlata nebo platiny. Na okraji článku bývá úzký dotykový kovový pás z lehce tavitelného kovu (Woodův kov) a článek je chráněn bezbarvým lakem. Světlo prochází krycí vrstvou a selenem vodivosti „n“; vlivem vnitřního světelného jevu mezi vrstvami selenu nastane pohyb elektronů – vzniká elektrické napětí. Kovový podklad se stává kladným, horní selenová vrstva záporným pólem (obr. 1: E – dotykový pás, L – průhledná vodivá vrstva, N – selen vodivosti „n“, S – selen vodivosti „p“, K – kovový podklad). Zapojíme-li do série s elektrodami citlivý mikroampérmetr, měřidlo ukazuje výhylku, která je úměrná intenzitě světla, není však lineární. Je velmi důležité, aby světlo dopadalo na selenovou desku v určitém, pokud možno nejmen-

ším úhlu. Proto jsou selenové články umístěny na dně šachty nebo za voštínovým okénkem. Expozimetry mají jeden nebo více rozsahů; někdy mají přídavnou selenovou desku, která je schopna dát měřitelnou hodnotu i při slabém osvětlení. Měřidla vestavěná do expoziometru jsou citlivá ($50 \div 200 \mu\text{A}$); průběh jejich stupnice však není lineární. Stupnice je cejchována podle clon, aby osvitu a citlivosti filmu, v poslední době v osvitových číslech.

Náš průmysl (Elektropřístroj, n. p. Modřany) vyrábí tyto selenové články (obr. 2):

Značka	Velikost [mm]
SF	18×36
SF	18×44
SF	$\varnothing 25$
SF	$\varnothing 45$
SF	$\varnothing 67$

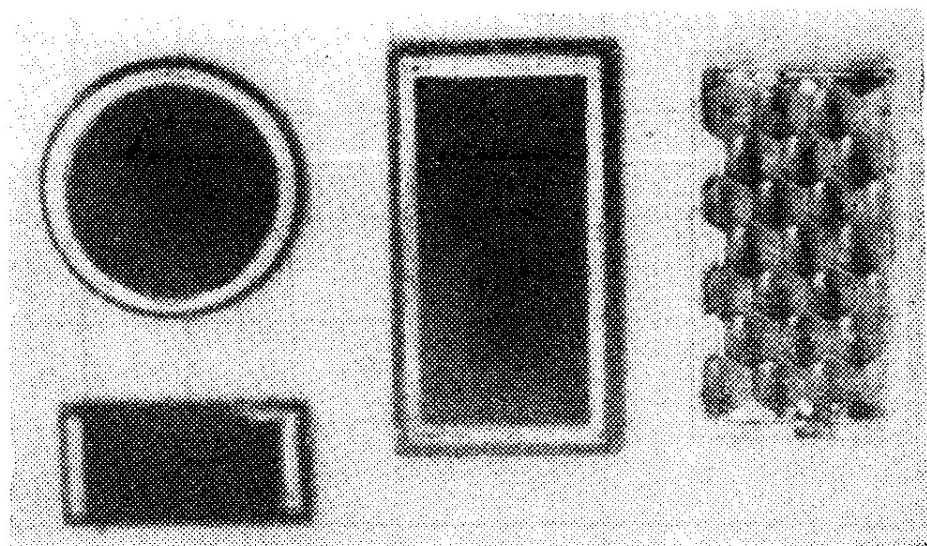
S rozmachem výroby dalších polovodičů objevily se před několika lety expoziometry několikanásobně citlivější než selenové. V těchto přístrojích se používají místo hradlových selenových fotočlánků fotooodpory ze sulfidů teluru, kadmia, olova apod. Fotooodpor při osvětlení nevykazuje vnitřní světelný jev, tj. ne-



Obr. 1

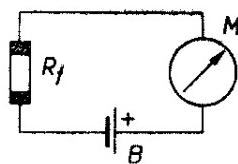
vznikne na něm elektrický proud. Mění se jen odpor polovodičové vrstvy napájené na keramický podklad, který vlivem osvětlení prudce poklesne. Zapojíme-li fotooodpor do série s citlivým měřidlem a baterií (obr. 3), zvětšuje se vlivem osvětlení proud procházející měřidlem. Tyto expoziometry jsou velmi citlivé. Tak např. západoněmecký Lunasix, který měří expoziční dobu již při měsíčním svitu, je asi stokrát citlivější než běžné selenové expoziometry.

Při konstrukci expoziometrů je velmi důležitá spektrální citlivost fotolektrického článku, tj. citlivost vůči světlu různého barevného složení. V ideálním případě by se měla shodovat s citlivostí fotografické vrstvy, ale toho zatím nebylo dosaženo. Ke stavbě expoziometru se dá použít z dostupných materiálů jen selen a sirník kademnatý (kadmiumsulfid CdS), kte-



Obr. 2

$$R_K = \frac{6}{66} \cdot 3$$



Obr. 3

ré mají podobnou křivku spektrální citlivosti (obr. 4). Náš fotoodpor WK 650 35 se vyrábí z CdS a jeho spektrální citlivost je velmi dobrá. Germaniové hradlové nebo odporové fotodiody, stejně jako křemíková dioda IPP75, se k tomuto účelu nehodí, protože jejich spektrální citlivost je značně odlišná od našich požadavků. Jsou citlivé v jiné části spektra, než je křivka citlivosti lidského oka a fotografických vrstev.

Sestavit amatérským způsobem expozimetr se selenovým článkem se nevyplatí. Dostatečně citlivé měřidlo je dražší než celý expozimetr a cejchování bez laboratorních pomůcek je problematické. Stojí však za úvahu a za pokus postavit velmi citlivý expozimetr z měřidla starého expozimetru a fotoodporu WK 650 35 s odporem asi 250 až 700 Ω (obr. 5). Při použití baterie 3 až 6 V jsem dosáhl překvapující citlivosti přístroje, který reagoval i v nejpříznivějších světelných podmínkách na malou změnu osvětlení. Problémem však zůstává cejchování, které je možné jen srovnáním s Lunasixem. Přitom je bezpodmínečně nutné nastavit před každým měřením kontrolním obvodem přesně stejně napětí baterie.

Tendence ve vývoji fotoaparátů však počítá s dalším využitím fotočlánků; aparáty mají vestavěné zařízení, které pomocí fotočlánků a tranzistorové tech-

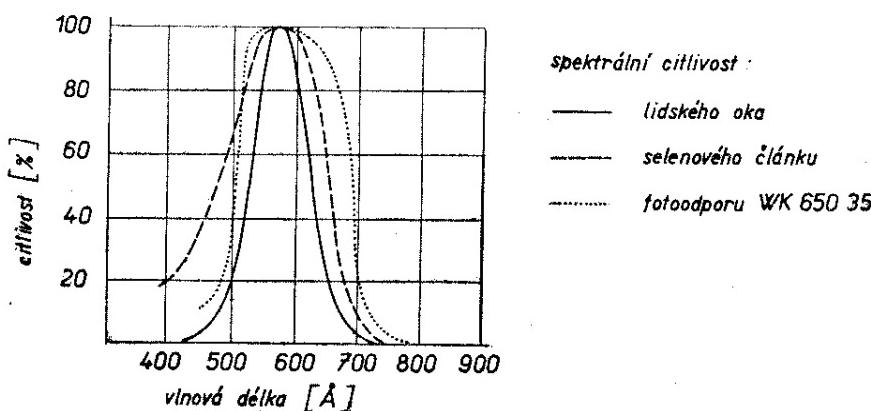
niky automaticky nastaví clonu a expoziční dobu podle světelných poměrů.

Expozice na dálku

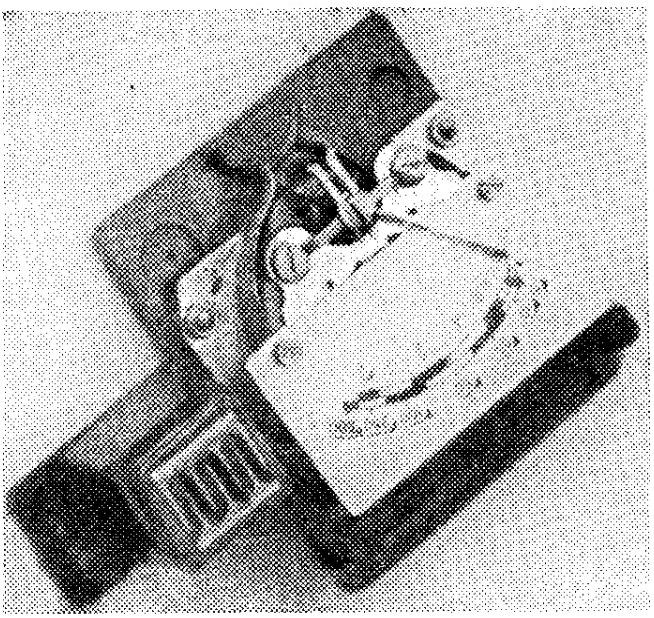
Někdy se dostaneme do situace, kdy svou přítomností rušíme nebo i znemožníme přirozené chování (příchod, hru atd.) fotografovaného objektu. Stává se to nejen při fotografování zvířat, ptáků, různých živočichů v přírodě, ale i u žárových fotografií, zvláště u dětí. Na vhodně postavený, popřípadě ještě zamaskovaný aparát si však objekt poměrně brzy zvykne. Nezbývá nám tedy nic jiného, než exponovat ve vhodném okamžiku na dálku. Jediným nedostatkem tohoto způsobu je, že po expozici musíme znova natáhnout uzávěrku aparátu, takže nemůžeme dělat sérii snímků. Existuje sice výrobek NDR k aparátu Praktina, jehož motorek přetočí po expozici film a natáhne znova uzávěrku, ale zařízení se hodí jen pro Praktinu a je hlučné.

V podstatě existují dva způsoby, jak exponovat na dálku; povol k expozici můžeme dát drátovým vedením nebo radiem. První způsob je jednodušší, ale i o druhý, obtížnější, se jistě najde dostatek zájemců, zvláště když k vysílači do 0,1 W není třeba povolení, ale jen ohlášení příslušnému inspektorátu radiokomunikací. Bližší informace o způsobu evidence jsou v časopise Radiový konstruktér 5/1965.

Nejdůležitější součástí zařízení pro dálkovou expozici je elektromagnetický spouštěč, který si musíme vyrobit z nějakého výprodejního elektromagnetu nebo



Obr. 4



Obr. 5

relé. V různých přístrojích se používaly elektromagnety, které při zapnutí proudu vysunuly dostatečně velkou silou železné jádro z cívky, nebo je naopak vtáhly dovnitř (obr. 6). Pohyb činí jen několik milimetrů, síla však stačí ke stisknutí spouště aparátu. Většina těchto zařízení byla konstruována na 24 nebo 48 V; proto musíme cívku převinout podle zdroje, jaký chceme používat. Úspěšně lze použít i silnoproudé relé RP 90A, které je konstruováno pro 220 V; cívku ovšem musíme převinout a kontakty odmontovat.

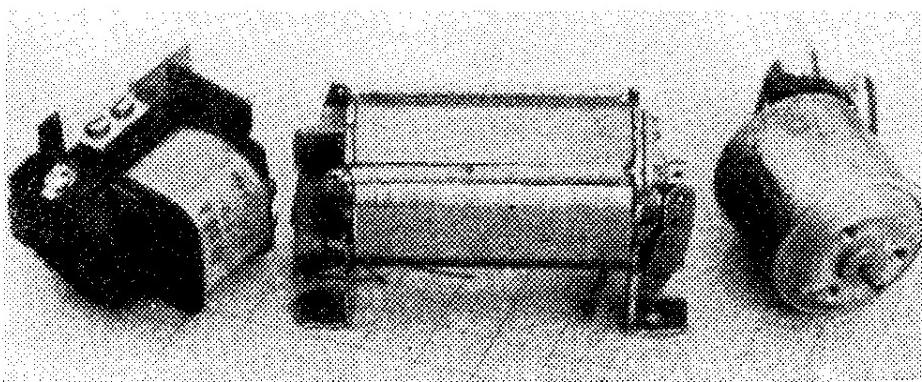
Aby síla elektromagnetu byla dostatečně veliká, musí být průřez jádra alespoň 50 mm^2 (průměr asi 8 mm). Délka cívky má být troj- až pětinásobkem prů-

měru jádra. Na cívku elektromagnetu navineme také závitů drátu o $\varnothing 0,5$ až $0,6 \text{ mm}$, aby byla plná. Potom vyzkoušíme sílu magnetu. Zapojíme zdroj, který budeme používat (alespoň 6 V) a prstem zjistíme, bude-li mít kotva dostatečnou sílu, aby mohla stisknout spoušť aparátu. Můžeme však zkoušet i jinak: do prázdného a nataženého aparátu zašroubujeme krátkou drátěnou spoušť a stiskneme ji tak, aby ještě nenastala expozece, ale aby spoušť již neměla vůli. Na tlačítku drátěné spouště přidržíme kotvu elektromagnetu a na okamžik zapneme proud. Má-li elektromagnet dostatek síly, stiskne kotva spoušť aparátu. V opačném případě zkusíme zvýšit napájecí napětí nebo hledáme vhodnější elektromagnet.

Je-li elektromagnet dostatečně silný, upravíme jej definitivně pro naše účely. Do špalíčku ze dřeva, pertinaxu nebo plastické hmoty navrtáme otvor pro horní část drátěné spouště a špalíček pevně připevníme k tělu cívky. Na pohyblivou část elektromagnetu – píšt nebo kotvu – připevníme výběžek, který se bude opírat o tlačítko drátěné spouště v klidu tak, aby ještě nenastala expozece. Po několika zkouškách s prázdným aparátem najdeme vhodnou polohu. Teprve pak celý přípravek definitivně smontujeme do ploché krabice a spojíme s aparátem tak, aby drátěná spoušť při zašroubování nebyla ohnuta (obr. 7).

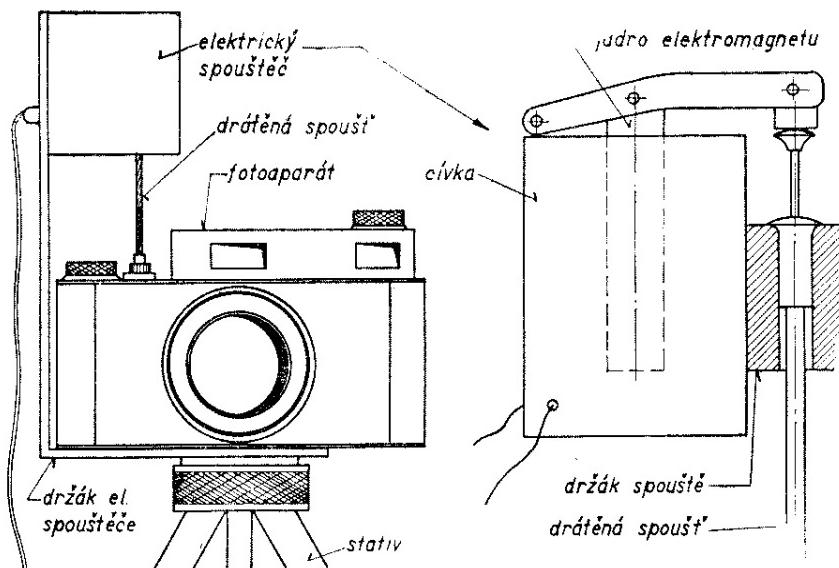
Po dohotovení mechanické části spouště začneme se stavbou elektrické části.

Elektromagnetický spouštěč spínáme výkonovým tranzistorem místo relé (obr. 8). Přímo, bez tranzistoru, spínat nelze, protože drátové vedení předsta-

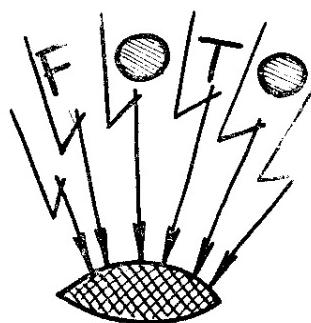


Obr. 6

Obr. 7



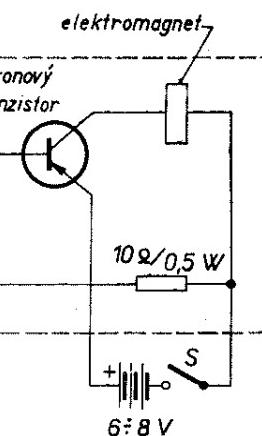
vuje poměrně značný odpor a ztrátu energie bychom museli dohánět zvýšením napětí a silnými vodiči. Spínací tranzistor může být libovolný výkonový tranzistor, dokonce i takový, který se již pro jiné účely nehodí, protože má velký klidový proud mezi emitorem a kolektorem (až 5 mA). Musí však mít takové zesílení, aby se po přiložení plného napětí na bázi otvíral. Tranzistor musí snést proud kolektoru 3 A; musí to tedy být některý z řady NU73. Místo tranzistoru bychom mohli použít i relé, které by spínalo obvod spouštěče, tranzistor je však spolehlivější. Obsluhu spojuje se zařízením dvoulinka. Nejvhodnější je dobré izolovaný, co nejtenčí drát, který nezabírá mnoho místa. Na jeho délce nezáleží – může být i sto metrů. Dvoulinku navineme na vhodnou cívku a její konec spojíme na cívce s tlačítkem. Při pořizování snímku postavíme aparát na vhodné místo a z dostatečné vzdálenosti pozorujeme fotografovaný objekt. V příhodné chvíli zmáčkneme tlačítko; báze tranzistoru dostane záporné předpětí, tranzistor se otevře, sepně elektromagnet a ten stiskne spoušť aparátu. Po natažení uzávěrky je aparát opět připraven k dalšímu snímkovi.



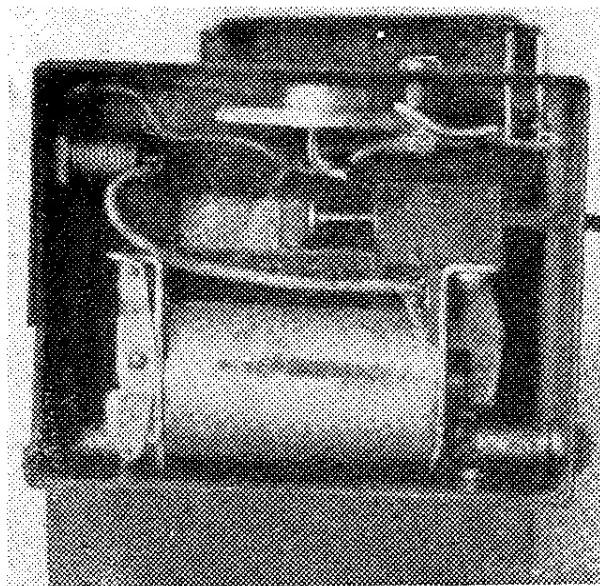
ku. Na obr. 9 je pohled na rozložení součástek v pouzdře spouštěče.

Jako zdroj se hodí suché baterie, které jsou s to spolehlivě sepnout elektromagnet (spotřeba – ovšem jen na okamžik – je řádu ampérů). Ještě výhodnější jsou akumulátory NiCd 1500 nebo 900 (šest kusů v sérii). Pracují naprostě spolehlivě a současně se dají použít jako zdroj k elektronickému blesku, protože dálkovou spoušť jej můžeme také odpalit.

Pro náročnější amatéry nebude drátové vedení dost atraktivní a budou usilovat o bezdrátovou expozici. V tom případě zůstává celé zařízení kromě drátového vedení beze změn, přibude však vysílač a přijímač; ten po obdržení signálu z vysílače sepně relé, které nyní plní funkci drátového vedení a tlačítka.



Obr. 8



Obr. 9

Automatická expozice (světelná bariéra)

Kdo má zálibu fotografovat v přírodě, ví z vlastní zkušenosti, jak je někdy obtížné získat snímek např. nějakého motýla, který sice létá kolem, ale nikdy není tam, kde ho potřebujeme mít. S naším zařízením [1] dosáhneme toho, že bude automaticky vyfotografován v okamžiku, kdy si sedne nebo poletí tam, kam ho přivábíme. Na květinu nebo jiné vhodné místo, kam objekt chceme přilákat, kápneme trochu medu, sirupu nebo jiné pochoutky. Na tento bod, popřípadě nad něj zaměříme úzký světelný paprsek, který optickým systémem

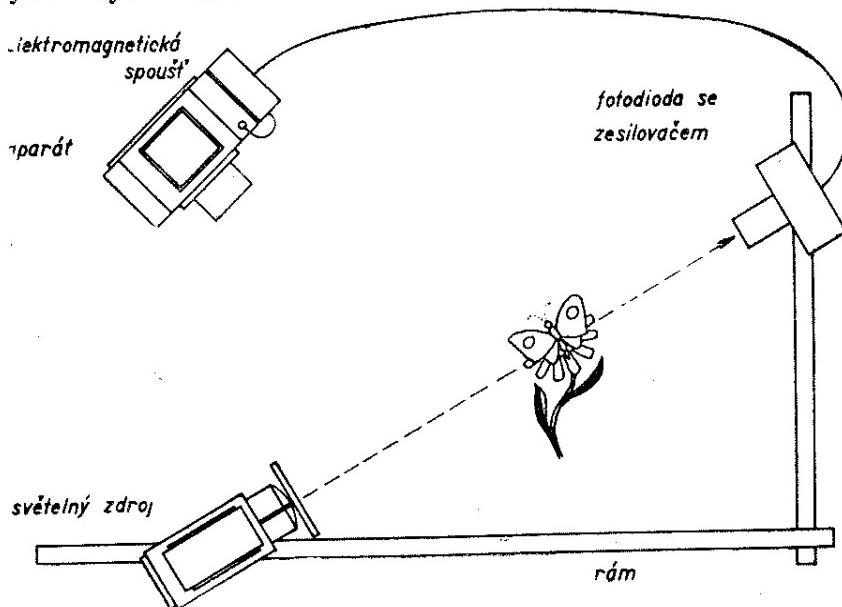
nasměrujeme na polovodičovou fotodiodu umístěnou v hlubokém krytu, aby na ni nemohlo dopadnout jiné světlo. Jakmile je tento světelný paprsek přerušen, tranzistorový zesilovač sepne relé a dálkový spínač stiskne spoušť aparátu, popřípadě odpálí současně i blesk.

Zařízení potřebuje k vytvoření účinné světelné bariéry poměrně silnou žárovku (alespoň 15 W), nejlépe žárovku z automobilového reflektoru. Nemáme-li k dispozici síťové napětí, musíme zařízení napájet z akumulátoru. Optický systém k vysílání úzkého světelného paprsku je možné postavit podle [2].

Světelný zdroj a fotodiodu se zesilovačem upevníme stabilně na rám (nejlépe dřevěný), takže celé zařízení bude snadno přenosné (obr. 10).

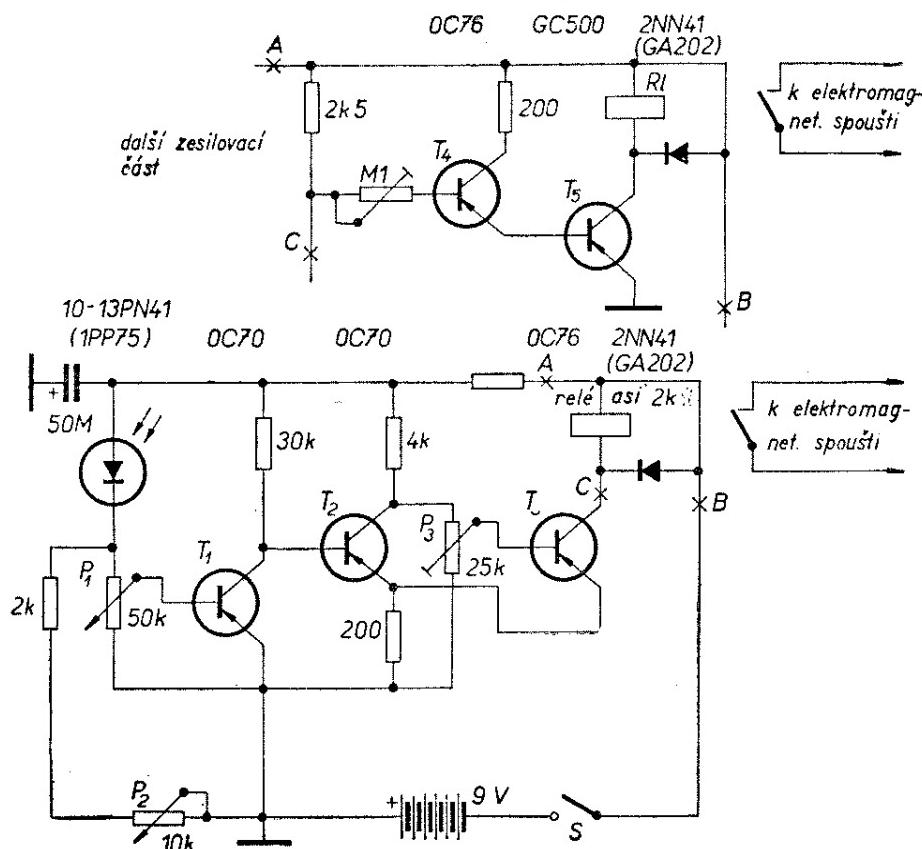
Zařízení je vybaveno třístupňovým tranzistorovým zesilovačem, který zabezpečuje jeho spolehlivost (obr. 11). Potenciometry P_1 , P_2 , P_3 nastavíme největší citlivost, aby při zaclonění paprsku špendlíkem relé již přitáhlo. Fotodiodu je nejlépe umístit na dno černé, asi 10 cm dlouhé trubky z krabice na film a do její čelní stěny provrtat otvor o \varnothing asi 5 mm.

Celé zařízení i se zdrojem (dvě ploché baterie) můžeme vestavět do krabičky B6, podaří-li se nám sehnat relé menších rozměrů. Elektrickou část je nejlépe stavět na plošných spojích. Relé má mít malou spínací dobu, tj. přitažení musí být energické a kontakty blízko sebe.



Obr. 10

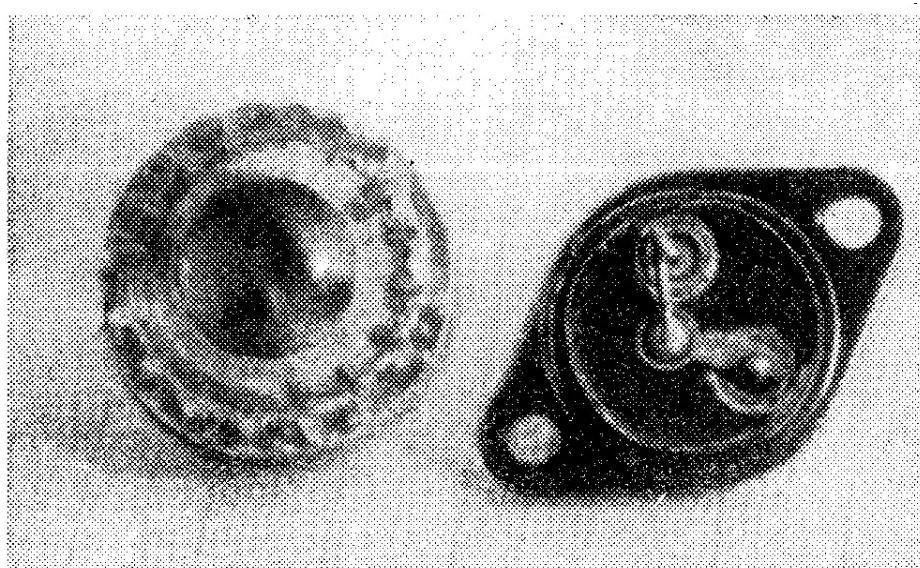
Obr. 11



Fotodiodu můžeme vybrat z řady Tesla 10 až 13PN41 nebo křemíkovou 1PP75. Máme-li nějaký výkonový tranzistor, který k naší největší lítosti už není tranzistorem, otevřeme jeho pouzdro a citlivým mikroampérmetrem změříme, jaký proud teče při osvětlení mezi bází a emitem nebo kolektorem. Může se stát, že taková „fotodioda“ bude citlivější než

tovární. V tom případě uděláme na pouzdro optický systém (obr. 12) a máme o fotodiodu postarano.

Pokud by zařízení bylo málo citlivé, nebo bychom neměli dostatečně citlivé relé, můžeme přistavět další zesilovací část podle obr. 11, v níž bude stačit i robustnější relé s menším odporem vinutí (od $200\ \Omega$ výše).



Obr. 12

Toto zařízení lze použít nejen k fotografování, může sloužit i k jednoduché mechanizaci. Může počítat kusy, návštěvníky, vozidla apod. Stačí dát na výstup místo spínacího relé počítací, které nám v číslech zaznamená, kolikrát byla světelná bariéra přerušena.

Časové spínače

Časové spínače používáme především při osvitu pozitivního materiálu, při kopírování a zvětšování. Můžeme je však upotřebit i při vyvolávání filmu nebo papíru ve spojení s optickým nebo zvukovým signálem.

Časový spínač připojený na zvětšovací nebo kopírovací přístroj provede na nás povel samočinně potřebné expozici. Dobu si nastavíme předem natočením přepínače na potřebný časový údaj. Při opakování – podle druhu přístroje – je přesnost nastaveného času řádově 1 až 5 %.

Abychom rozuměli principu různých zapojení od nejjednodušších až po složité, popíšeme nejprve všeobecné zásady konstrukce časových spínačů. Nebudeme se zabývat mechanickými spínacími hodinami založenými na hodinovém strojku; ty si amatérsky málokdo zhodoví.

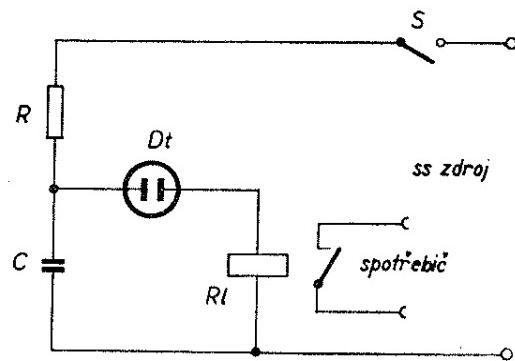
Elektronické časové spínače mohou být doutnavkové, elektronkové, tyatronové nebo tranzistorové. Podle konstrukce mohou být poloautomatické (je třeba nastavit potřebný čas, aby spínač odexponoval potřebnou dobu a tuto expozici je možné libovolně opakovat) nebo automatické (potřebný čas nastavíme jen poprvé, pro ostatní zvětšeniny spínač již automaticky určuje potřebný čas sám).

Všechny spínače mají společný princip: kombinaci RC (odpor – kondenzátor). Vhodnou kombinací RC můžeme dosáhnout expozičních časů od zlomku sekundy do několika minut. Spínače RC pracují na principu vybíjení nebo nabíjení kondenzátoru (v sérii s odporem) stejnospěrným proudem. Tato jednoduchá metoda zabezpečuje konstantní čas pro osvětlení fotografického papíru.

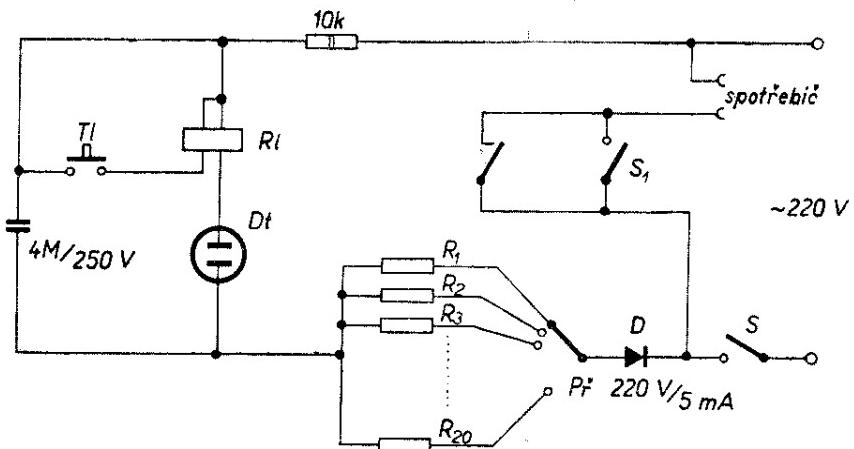
Obvod složený z kondenzátoru a odporu v sérii má zajímavou vlastnost. Zapojíme-li jej na zdroj ss proudů, začne napětí na kondenzátoru stoupat. Rychlosť vzestupu napětí na kondenzátoru je závislá na napětí zdroje, na odporu R a kapacitě C . Známe-li tyto údaje, můžeme vypočítat, kdy napětí kondenzátoru dosáhne stanovené hodnoty nebo obráceně: podle napětí na kondenzátoru lze vypočítat, kolik času uplynulo od připojení zdroje. Změna napětí na kondenzátoru je tedy v obvodu RC závislá na čase. Napětí na kondenzátoru však neroste lineárně; zpočátku stoupá rychleji, pak se zpomaluje. Stejně je tomu i při vybíjení. Zvětšujeme-li jeden z členů RC , nabíjení nebo vybíjení se prodlužuje. Této vlastnosti využívají všechny elektronické časové spínače. Potřebné napětí kondenzátoru se nastaví doutnavkou, elektronkou nebo tranzistorem. Po dosažení tohoto napětí zapne nebo vypne elektromagnetické relé žárovku zvětšováku nebo jiný spotřebič.

Časové spínače s doutnavkou

Doutnavkové spínače jsou velmi jednoduché, úsporné a levné. Nepotřebují žhavení elektronek, takže odpadá transformátor a jejich rozměry mohou být poměrně malé. Nevýhodou doutnavkových spínačů je, že zápalné a zhášecí napětí doutnavek se časem mění a kromě toho jsou do určité míry závislé na různých faktorech: na osvětlení, teplotě atd. Se změnou podmínek se tak mění i nastavené časy. Při výměně doutnavky je třeba nastavené časy znova přecejchat.



Obr. 13



Obr. 14

Princip zapojení ukazuje obr. 13. Spínač se skládá z obvodu RC , doutnavky Dt a polarizovaného relé Rl . Zapnutím spínače S se napětí zdroje dostane na obvod RC , kondenzátor C se nabíjí a stoupá na něm napětí, které po určité době dosáhne zápalného napětí doutnavky. Jakmile doutnavka zapálí, náboj kondenzátoru se vybije přes vinutí relé, kontakty relé přejdou do druhé polohy a vypnou nebo sepnou spotřebič.

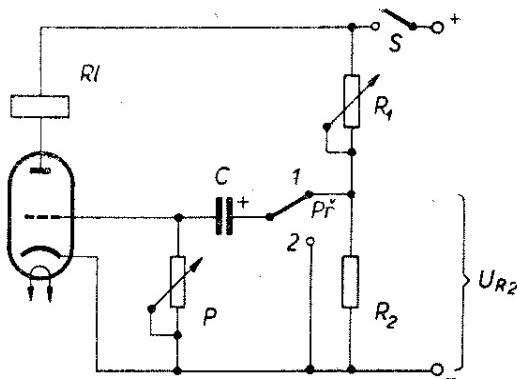
Na obr. 14 je úplné schéma zapojení doutnavkového spínače. Stisknutím tlačítka T_1 přepneme spínací kontakty přes vinutí polarizovaného relé do takové polohy, že jen proudový náraz opačné polarity může kontakty oddělit. V této poloze jsou sepnuty kontakty, které rozsvítí žárovku zvětšováku; vinutím relé však žádny proud neprotéká, protože doutnavka nesvítí a tlačítko je rozpojeno. Kondenzátor C se nabíjí přes některý z odporů R_1 až R_{20} . V okamžiku, kdy napětí na kondenzátoru dosáhne zápalného napětí doutnavky, doutnavka zapálí, vinutím relé projde proudový impuls opačné polarity, kotva přepne do druhé polohy a vypne zvětšovák: expozice je skončena. Kondenzátor se sice nabíjí dále, i doutnavka zablikne, kontakt však nebyl přepnuto a nic se tedy nestane. Kontakty polarizovaného relé (relé Tesla CK 76201 až 03, Siemens Trls 54 apod. – jsou běžně k dostání v prodejnách Obchodu použitým zbožím) upravíme seřizovacími šrouby tak, že kotva je trvale sepnuta vlevo nebo po změně polarity vpravo. Relé má několik vinutí. Vyhledáme dvě s největším odporem a zapojíme je v protifázi. Doutnavku zvolíme se zápalným napě-

tím nad 100 V a poněkud větší. Z patice odstraníme odporník a doutnavku v přístroji umístíme tak, aby ji nemohlo ovlivnit vnější světlo (natřeme ji načerno nebo umístíme do uzavřeného krytu). Přepínač vybereme s větším počtem poloh – nejlepší je řadič se 26 polohami. Cejchovat budeme zkusmo. Pro orientaci: je-li zápalné napětí doutnavky asi 100 V a kondenzátor má $4 \mu\text{F}$, bude při odporu $40 \text{ k}\Omega$ expoziční doba asi 1 s. Kondenzátor musí být kvalitní (MP), aby měl velký svodový odpor. Nejvhodnější je použít řadu odpорů E 12 (1, 1,2, 1,5, 1,8, 2,2, 2,7, 3,3, 3,9, 4,7, 5,6, 6,8, 8,2). Časy pak stoupají po 25 % a při 26 polohách můžeme dosáhnout časů od 1 do 100 s. Odpory v tom případě budou: 39k, 47k, 56k, 68k, M12, M15, M22, M27, M33, M39, M47 atd. Přepínací kontakt relé přemosťme spinačem S_1 , který použijeme při zaostrování. Celé zařízení vestavíme do krabice z izolantu, tak aby byl vyloučen styk se všemi částmi zařízení.

Časové spínače s elektronkou

Princip časového spínače s elektronkou spočívá opět v nabíjení nebo vybíjení kondenzátoru v obvodu RC . Elektronka má však před doutnavkou velkou přednost v tom, že zabezpečuje značnou stabilitu parametrů (tím i přesnost spínání a dodržení času) a umožňuje použít velké proudy pro provoz elektromagnetického relé.

V doutnavce proud řídit nemůžeme – buďto teče nebo neteče. V elektronce ří-



Obr. 15

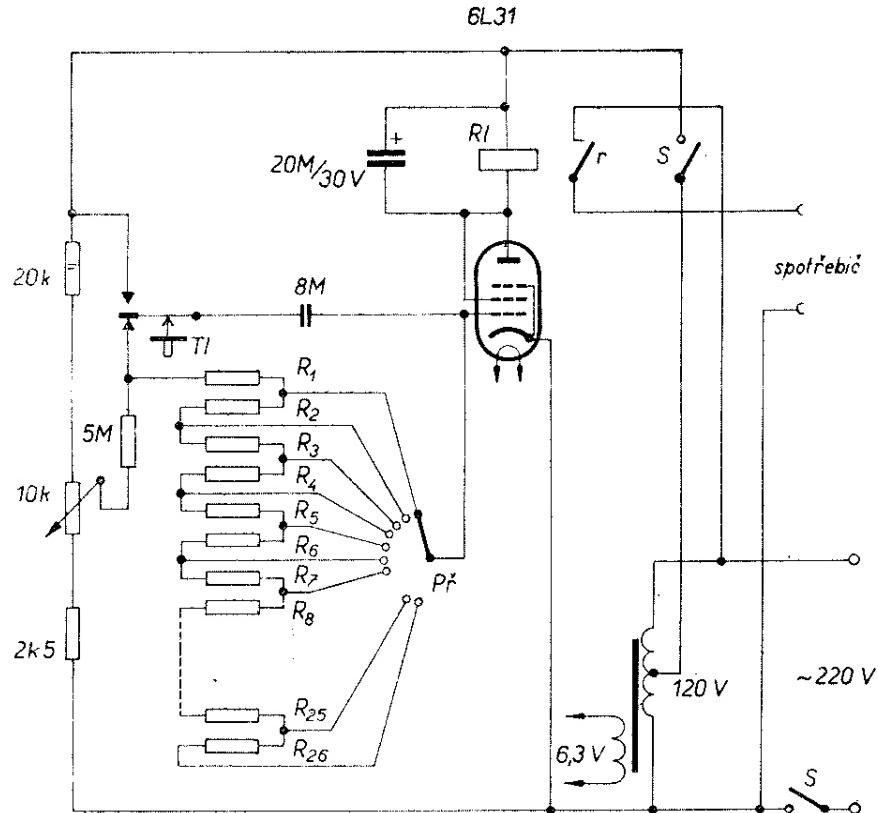
díme anodový proud napětím přiváděným na mřížku, takže spínání a vypínání spotřebiče je závislé na tom, jaký proud potřebuje relé k sepnutí, popřípadě k odpadnutí kotvy.

Nejjednodušší zapojení je na obr. 15. Je-li přepínač v poloze 1, nabije se kondenzátor C na napětí, jaké je na R_2 .

Napětí na mřížce je téměř nulové a elektronkou protéká anodový proud přes vinutí příslušně dimenzovaného relé. Kotva relé je přitažena a spotřebič, připojený na klidové kontakty relé, je vypnut. Přepneme-li přepínač do polohy 2, připojili jsme na mřížku elektronky

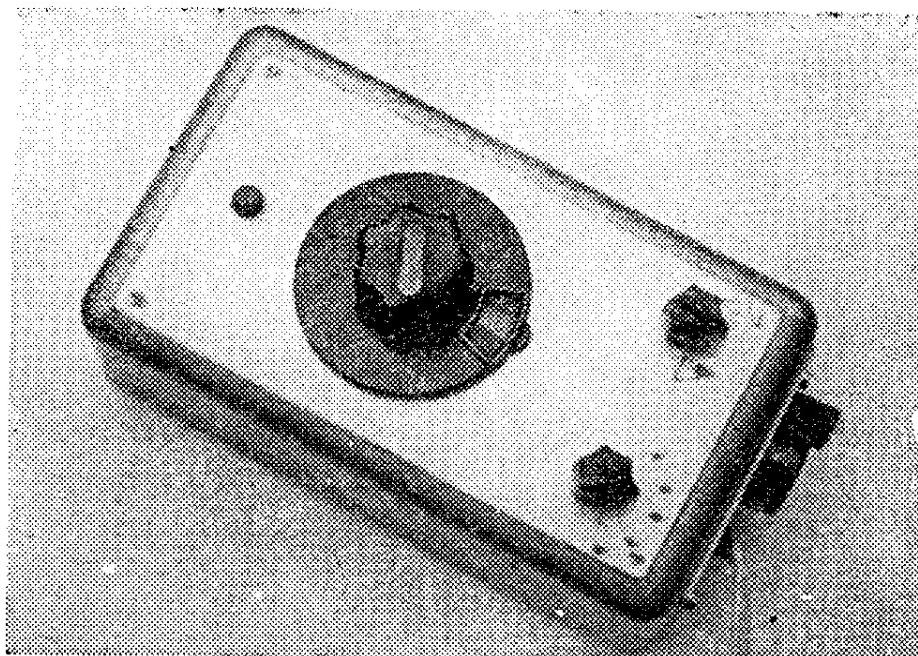
takové napětí, že elektronka se uzavírá anodový proud přestává téci, kotva relé odpadne a kontakty sepnou spotřebič, v našem případě zvětšovák. Kondenzátor se začne vybijet přes potenciometr P , na mřížce se snižuje záporné napětí a úměrně roste anodový proud. Jakmile narůstající anodový proud dosáhne hodnoty, při níž relé sepně, skončí klidový stav a spotřebič vypne. Tyto okamžiky určuje charakteristika elektronky, tj. závislost anodového proudu na napětí mřížky. Charakteristickým rysem takového zapojení je, že kolísání napájecího (síťového) napětí vyvolává takovou změnu anodového proudu a napětí mřížky, že elektronka toto kolísání kompenzuje. Spínač tedy nepotřebuje stabilizovaný zdroj a při kolísání napětí sítě o $\pm 10\%$ jsou rozdíly v nařízených časech nezjištěné.

Osvědčené zapojení elektronkového časového spínače je na obr. 16. Dostalo název Expomat a podrobný návod vydal Pražský obchod potřebami pro domácnost (stavební návod a popis č. 19). Návod uvádí jedenácti- až dvanáctipolohový přepínač, lepší je však přepínač s 26 nebo i více polohami. Jedné vteřině expozičního času při kondenzátoru $8 \mu F$ odpo-



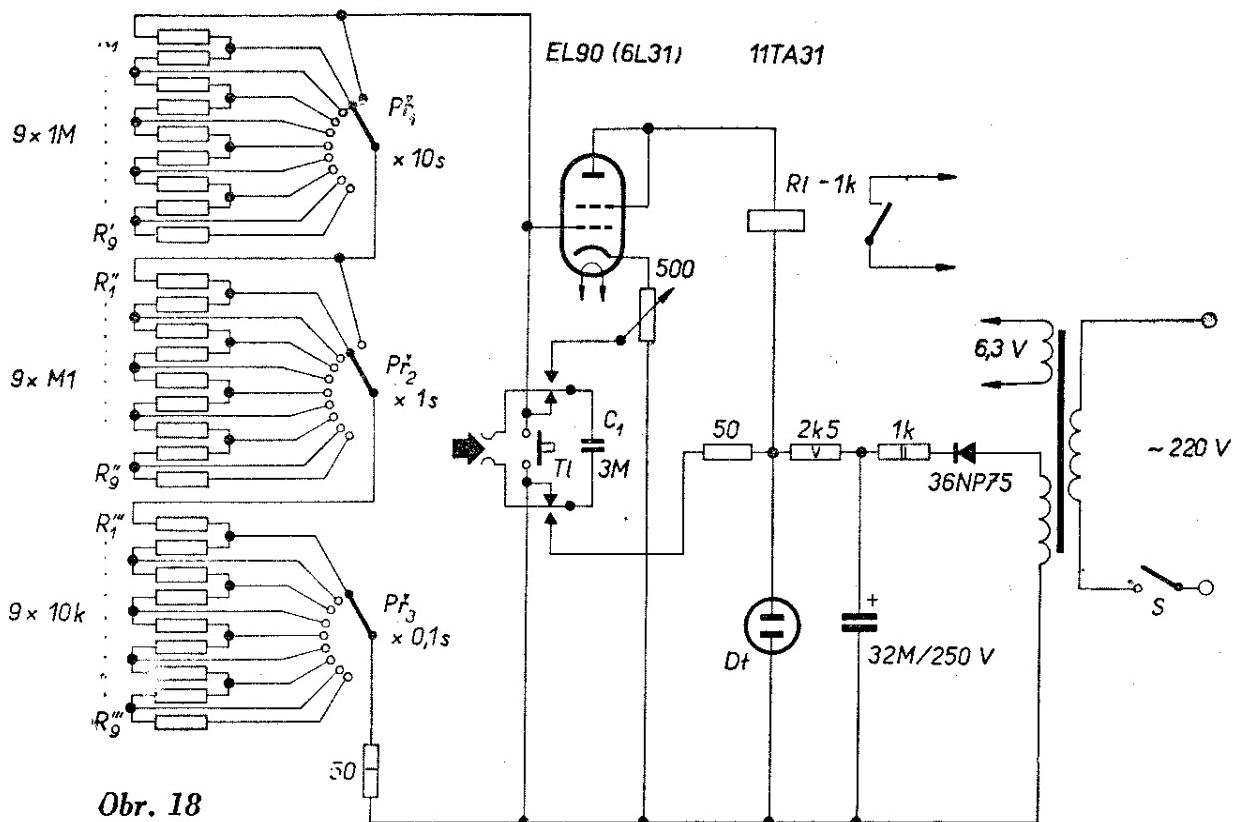
Obr. 16

Obr. 17



vídá odpor 80k. Zvětšíme-li počet odporů, můžeme dosáhnout časů do 150 až 200 s. Mnohdy však potřebujeme delší časy, až do 10 minut. I těch se dá malou úpravou spínače dosáhnout. Kondenzátor bude mít 16, popřípadě 32 μF na 250 V (musí být velmi jakostní MP s minimálním svodovým proudem). Odpor

pro 1 s bude kolem 40k (pro 32 μF 20k). Po dosažení 3 až 4 minut se však zvětší a bude třeba jej určovat zkusmo. Elektronka musí být výběrová trioda E88CC, z níž zapojíme jen jednu polovinu. Použijeme keramickou objímku a pokud možno i keramický přepínač, abychom omezili na minimum svodové proudy. Za-



$$12 \cdot \frac{6}{66} R_K$$

pojení a ostatní součástky se nemění. Postavený přepínač je na obr. 17.

Další elektronkový spínač se vyznačuje velkou stabilitou a přesností mezi 0,1 až 100 s po 0,1 s (obr. 18). V klidovém stavu je elektronka otevřena a relé, které je zapojeno v anodovém okruhu, je přitaženo. Kontakty jsou rozpojeny, zvětšovák nesvítí. (Ke kontaktům je možné připojit relé na střídavý proud, které má robustnější kontakty a může spínat i několik tisíc wattů).

Stisknutím tlačítka T_1 se kondenzátor C_1 nabije asi na 150 V. Uvolněním tlačítka připojíme k mřížce elektronky záporné napětí, elektronkou přestane téci anodový proud, kotva relé odpadne a začíná expozice. Kondenzátor se začíná vybíjet přes odpory a doba jeho vybíjení je závislá na hodnotách zařazených odporů. Každý přepínač má 9 poloh se stejnými odpory: P_{r1} – devětkrát 1M, P_{r2} – devětkrát M1, P_{r3} – devětkrát 10k. Třemi přepínači lze nastavit libovolný čas; časy nastavené na jednotlivých přepínačích se sčítají. Jakmile napětí na mřížce klesne asi na -5 V, začíná téci anodový proud, relé přitáhne, expozice je skončena. Kapacitu C_1 bude třeba upravit zkusmo tak, aby časy souhlasily. Odpory musí mít stejnou hodnotu. Katodovým odporem regulujeme okamžik odpadnutí a přitažení kotvy relé. Spínač napájíme ze sekundáru

síťového transformátoru usměrněným, vyfiltrovaným a stabilizovaným napětím asi 150 V.

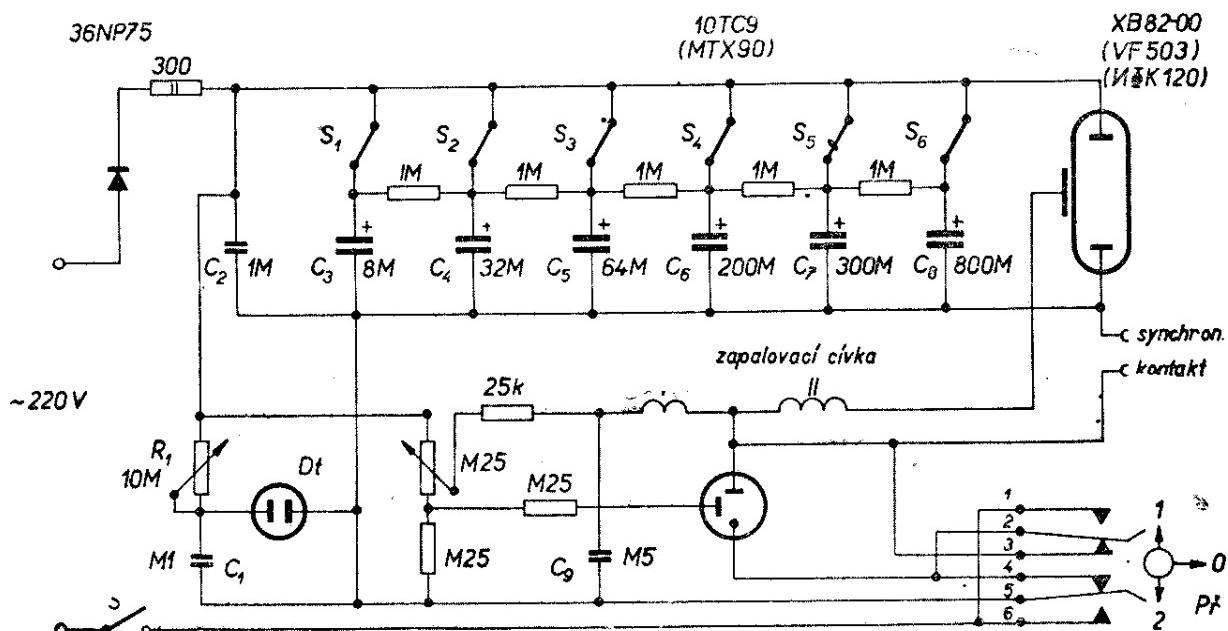
Spínač s výbojkovým zdrojem světla

Na obr. 19 je zapojení poloautomatického časového spínače, v němž je zdrojem světla výbojka. Jejím použitím se expoziční doby zkracují až stokrát.

Energie výbojky se dá regulovat v širokých mezích od několika desetin Ws až do 50 Ws (popřípadě i více) zařazením kondenzátorů C_2 až C_8 . Přibližný výkon se řídí podle vzorce:

$$P = U^2 \cdot \frac{C}{2} [\text{Ws; kV, } \mu\text{F}]$$

Máme-li např. kondenzátor 200 μF a napětí 300 V, bude $P = 0,3^2 \cdot 100 = 9 \text{ Ws}$. Tento výboj má při osvětlení fotopapíru přibližně stejný účinek jako expozice 5 s žárovkou 70 W. Přitom výboj trvá jen asi 1/2000 s. Nemusíme však kondenzátory zvětšovat, protože výboj můžeme libovolně opakovat a různou kombinací zapojených kondenzátorů dosáhneme různé intenzity osvětlení. U sovětské a maďarské výbojky nesmí maximální součet hodnot kondenzátorů překročit 2500 μF , tj. 120 Ws, u výbojky z NDR 40 Ws.



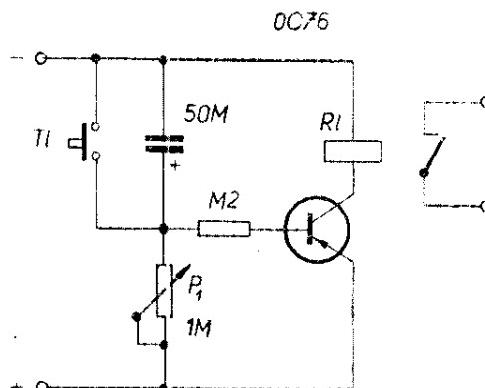
Obr. 19

Přístroj napájíme ze sítě napětím 220 V; po usměrnění dostaneme na kondenzátorech napětí 300 V. (Zařízení je možné napájet i z autobaterie pomocí tranzistorového měniče.)

Doutnavka D_1 je indikátorem napětí na kondenzátorech. Odporem R_2 regulujeme její záblesky. Přepínač P_1 je zhotoven z telefonního kipru a má tři polohy. V poloze 1 jsou sepnuty kontakty 1 a 2, přes uzavřené kontakty 4 a 5 začíná nabíjení kondenzátorů. Jakmile je vybraný kondenzátor nabit, zapálí se automaticky výbojka a pak se znova nabíjí kondenzátor. Tuto automatiku řídí tyratron, přes který se vybije kondenzátor C_9 . Tím vznikne na sekundáru zapalovací cívky vysoké napětí, které slouží k ionizaci výbojky. Potenciometrem M25 regulujeme okamžik zapálení tyratronu a tím řídíme i okamžik expozice a časové intervaly mezi jednotlivými záblesky.

Vypneme-li kondenzátory C_3 až C_8 , zůstává trvale zapojen kondenzátor C_2 , který má kapacitu 1M. Ponecháme-li přepínač v poloze 1, následují stálé záblesky asi dvacetkrát za vteřinu; toto osvětlení používáme při zaostřování. Energie těchto výbojů je nepatrná – 0,04 Ws, takže výbojka není ohrožena.

V poloze 2 přepínače P_1 se nabíjí vybraný kondenzátor a výboj nastává při návratu přepínače do polohy 0. Přístroj je možné synchronizovat i s fotoaparátem a používat jako fotoblesk. Při tomto provozu má být přepínač v poloze 2. Sovětský tyratron MTX-90 lze nahradit naším výrobkem 10TC9. Zapalovací cívka má vinutí I asi 2000 závitů drátu o $\varnothing 0,1$ mm, vinutí II asi 20 závitů drátu o $\varnothing 0,2$ mm.



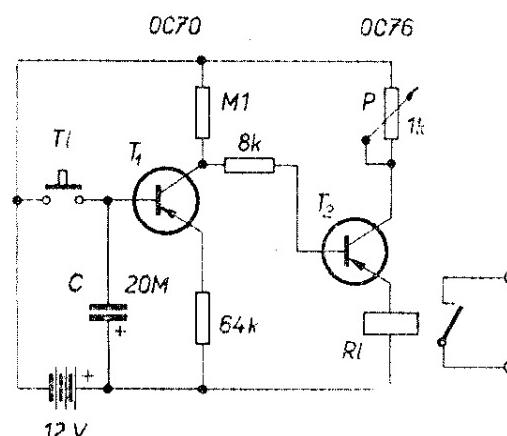
Obr. 20

14 • $\frac{6}{66}$ R_K

Tranzistorové časové spínače

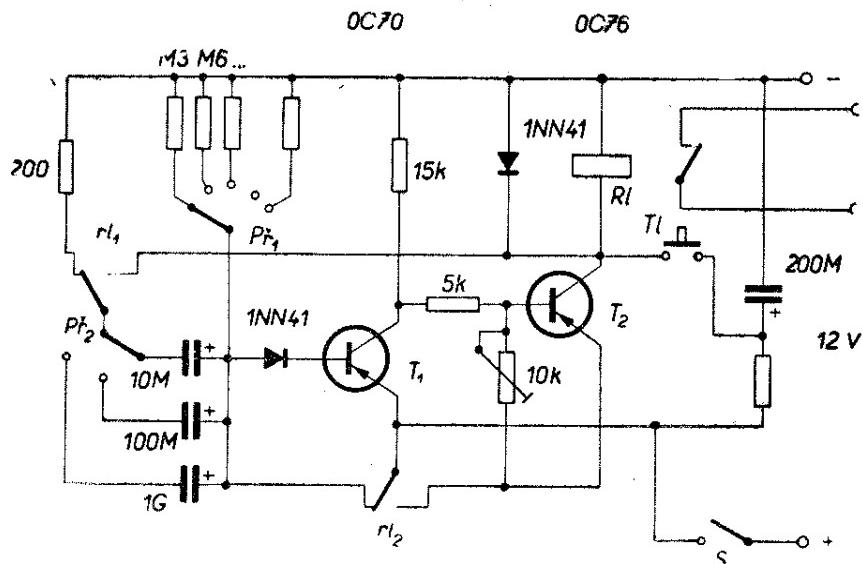
Jak jsme si již vysvětlili, má nabíjení a vybíjení kondenzátoru v sérii s odporem určitou časovou konstantu. Tento princip se uplatňuje v různých obměnách v různých zařízeních, sloužících k odměření času od zlomku sekundy do několika minut. Na stejném principu pracují také nejjednodušší i složitější tranzistorové spínače.

V tranzistorových zařízeních, kde pracujeme s nízkým napětím, používáme elektrolytické kondenzátory – a zde bývá kámen úrazu. Často se stává, že nastavený čas není konstantní, kolísá ve značném rozmezí, takže spínač nepracuje spolehlivě. Příčinou bývá zpravidla špatná kvalita elektrolytického kondenzátoru nebo jeho malý a měnící se svodový odpor. Proto je kvalitní elektrolyt prvním předpokladem dobrých výsledků. Požadavky na tranzistory nebudu již tak přísné: obvykle nemusí mít velké zesílení, mohou mít i šum, který by v zesilovači byl již na závadu, nesmějí však mít velký I_{C0} (klidový proud). Také I_{EC} (náběhový proud, proud naprázdno mezi emitorem a kolektorem) má být malý a nesmí kolísat nebo v klidovém stavu stoupat. Relé stačí telefonní, aby spíhalo při 6 až 9 V, cívka má mít odpor 300 až 600 Ω . Tranzistorové spínače budeme obvykle používat tam, kde nemáme k dispozici síť a jsme odkázáni na baterie. Možnost použití tranzistorových spínačů však není vyčerpána jen při zvětšování; mohou spolehlivě sloužit i v nejrůznějších zařízeních, při malé mechanizaci a automatizaci.



Obr. 21

Obr. 22



Nejjednodušší zařízení ukazuje obr. 20. Stisknutím tlačítka vybijeme kondenzátor, současně se však otvídá tranzistor. Během napájecího cyklu narůstá kladné předpětí na bázi tranzistoru. Tranzistor se pomalu uzavírá, relé v obvodu kolektoru odpadne a tím rozepne nebo sepne spotřebič. Při zvětšování používáme spínací kontakty. Kondenzátor se nabíjí přes potenciometr P_1 . Časy jsou závislé na kapacitě kondenzátoru a na poloze P_1 . Při kapacitě 50M lze dobu expoziční regulovat asi do 30 s. S kondenzátorem 1G můžeme dosáhnout i velmi dlouhých časů. P_1 můžeme nahradit přepínačem s pevnými odpory; získáme tak různé stálé časy.

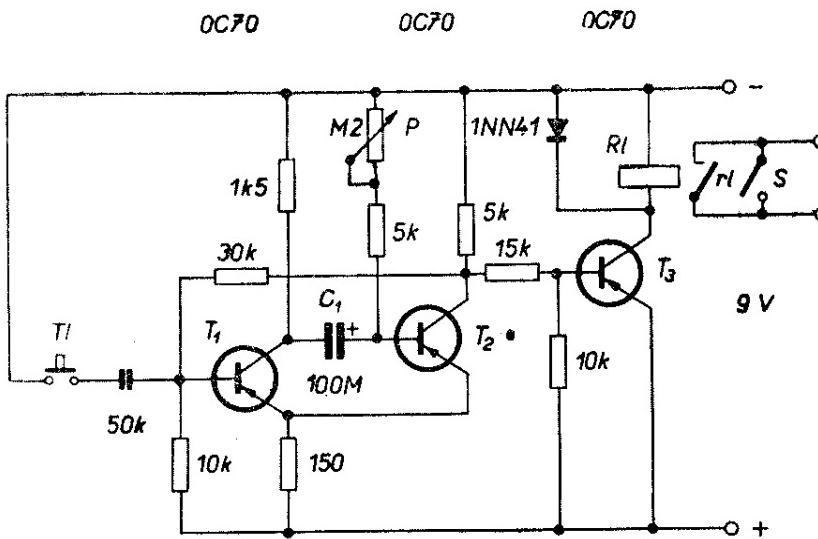
Obměnou tohoto zařízení je dvoutranzistorový spínač podle obr. 21. Po stisknutí tlačítka se nabije kondenzátor C na

plné napětí zdroje. Na bázi T₁ je záporné napětí, takže je otevřen. Současně se otevře i T₂ a kotva relé zapojená do jeho emitorového obvodu je přitažena. Při pouštění tlačítka se začíná vybijet kondenzátor a snižuje se záporné napětí na bázi T₁. Po uplynutí určité doby se záporné napětí sníží natolik, že tranzistorem již neprotéká proud potřebný k přitažení kotvy relé, kotva odpadne a expozice je skončena. Různě voleným C a změnou P je možné dosáhnout časů až do 60 vteřin (C asi 1G).

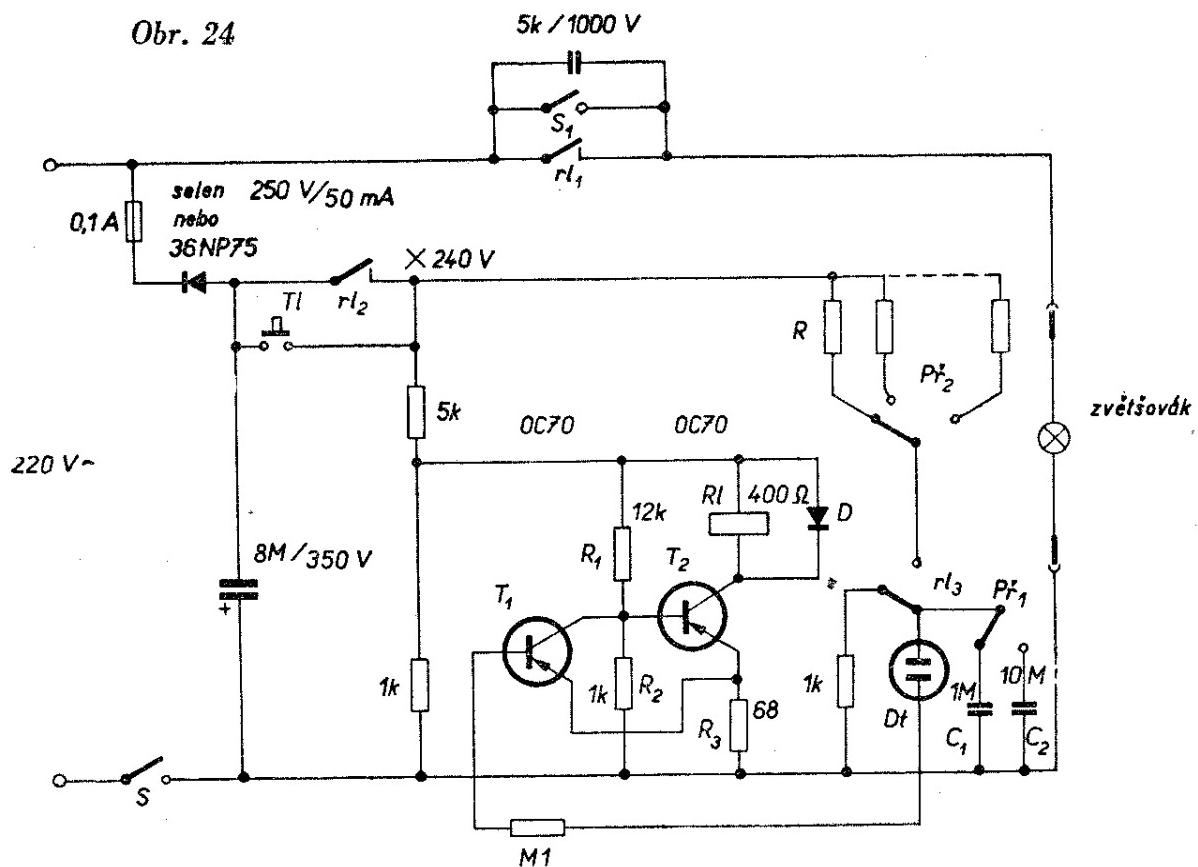
Na obr. 22 je spínač, jímž je možné dosáhnout expozičního času až 10 minut. Princip činnosti je podobný jako u předcházejícího jen s tím rozdílem, že od okamžiku začátku expozice se kondenzátor nevybijí, ale začíná se nabíjet a expo-

Obr. 23

(Kondenzátor 50k v bázi T₁ má být et.ktryolt 50M s kladným pól.m na bázi)



Obr. 24



zice končí dosažením určitého kladného předpětí na bázi T_1 . U relé používáme dva páry přepínacích kontaktů.

Další časový spínač podle obr. 23 pracuje se třemi tranzistory jako klopný obvod. S udanými hodnotami součástek má rozsah od 0,5 do 30 s. Tranzistory nemusí být kvalitní, relé má mít odporník 300 až 500 Ω .

V klidovém stavu je T_1 uzavřen, na jeho kolektoru je záporné napětí. T_2 je otevřen, na jeho kolektoru je napětí jen několik desetin voltu, takže na bázi T_3 je kladné napětí a je uzavřen. Stiskneme-li tlačítko, dostane báze T_1 záporný impuls, T_1 se překlopí a C_1 se vybije přes T_1 , T_2 se uzavře, T_3 se tím stává vodivým a vinutím relé teče proud. C_1 se začne nabíjet přes potenciometr P a při dosažení určitého napětí první tranzistor znova překlopí, celý proces proběhne obráceným směrem a kotva relé odpadne. Změnou C_1 je možné zvětšit rozsah spínače a zařazením přepínače s pevnými odpory dosáhnout velmi přesných časů. Přemostěním spínacích kontaktů relé vyřazujeme opět relé z provozu při zaostrování.

Přednosti tranzistorového spínače a síťového napájení spojuje zapojení podle obr. 24. Spotřebu ze sítě (kromě doby zapnutí žárovky zvětšováku) nemá žádnou, kolísání napětí sítě se na změně nastaveného času neprojeví, spínací časy jsou od 1 s do tří minut.

Funkce přístroje: při krátkém stisknutí tlačítka začne vést tranzistor T_2 a kotva rele přitáhne. Relé má tři páry kontaktů: rl_1 spíná spotřebič, rl_2 drží relé a rl_3 spojuje obvody RC . Kondenzátor C_1 nebo C_2 se přes přepínač $Př_2$ nabíjí. Jakmile napětí na kondenzátoru dosáhne zápalného napětí doutnavky, doutnavka na okamžik blikne a záporné napětí se dostane na bázi T_1 , který se otvírá. Současně se uzavře T_2 . Relé odpadne, expozice je skončena, náboj kondenzátoru se vybije. Dioda připojená paralelně k vinutí relé chrání tranzistor před napěťovými špičkami. Spínač S_1 paralelně s kontaktem rl_1 slouží k zaostrování. Kondenzátor zabraňuje opakování kontaktů.

Přepínač P_2 může mít 12 až 20 poloh. Se dvěma kondenzátory lze dosáhnout dvojnásobného, se třemi trojnásobného počtu časů. Součástky pro základní časy

vybereme podle řady E 12. S přibližnou přesností můžeme časy vypočítat podle vzorce:

$$t = 0,5 RC [s; \Omega, F].$$

To však platí jen za předpokladu, že v bořdě máme napětí 240 V; zápalné napětí doutnavky je 110 V. Jinak se mění koeficient 0,5. Odpor R počítáme takto: potřebujeme čas 20 vteřin, $C_1 = 1 \mu\text{F}$.

$$R = \frac{t}{0,5 \cdot C} = \frac{20}{0,5 \cdot 10^{-6}} = \frac{40}{10^{-6}} = \\ = 40\,000\,000 \Omega = 40 \text{ M}\Omega.$$

S kondenzátorem 10 μF bude odporník 4 $\text{M}\Omega$.

Celý přístroj můžeme postavit na malé destičce technikou plošných spojů. Izolace přepínače musí být velmi dobrá, stejně jako kvalita kondenzátorů.

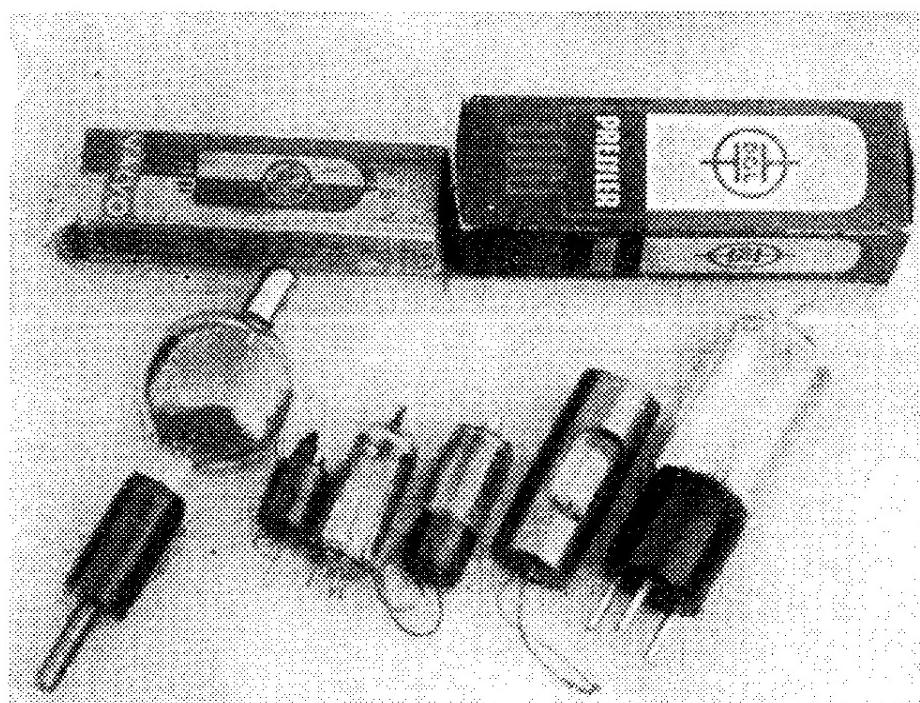
Elektronické expozimetry pro zvětšování

Dobrých výsledků dosáhneme ve fotografii jen při objektivním měření intenzity světla jak při pořizování snímku, tak i při kopírování nebo zvětšování. Zvláště barevné materiály potřebují přesně odměře-

nou expoziční dobu. V laboratorních podmínkách existují více nebo méně složité přístroje, které automaticky určují potřebnou dobu osvětlení, samočinně provádějí potřebnou korekci apod. V amatérské praxi takové přesnosti dosáhnout nemůžeme. Máme však možnost postavit přístroje, které mohou změřit a srovnávat potřebnou expoziční dobu, nebo ji přímo automaticky určovat.

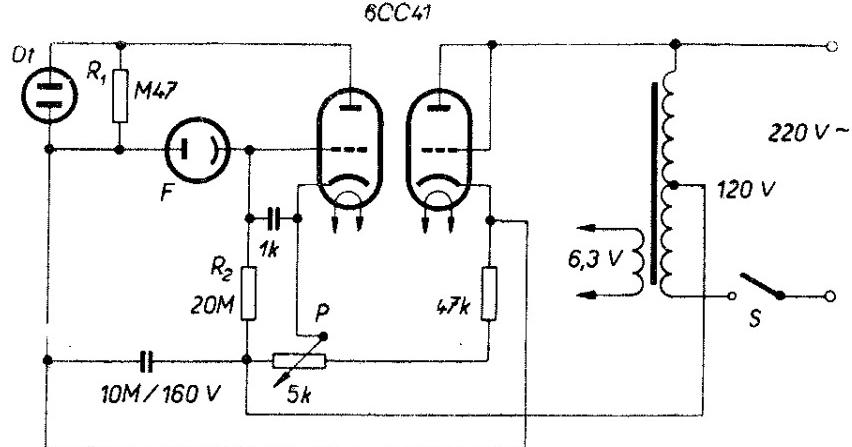
Při stavbě těchto zařízení spojujeme dva konstrukční prvky: obvod RC a čidlo citlivé na světlo. Obvod RC nám zabezpečuje funkci přístroje jako spínače, čidlo spínací dobu podle intenzity osvětlení.

Kromě fotodiód, fotoodporu a fotočlánku se dostává do popředí fotonka. Je to skleněná baňka, na jejíž vnitřní straně je napařena katoda (obvykle ze sloučenin cesia, kadmia apod.) Anodu tvoří drátěná smyčka. Fotonky jsou v podstatě dvojího druhu: vakuové a plněné plyinem (obr. 25). Osvětlení katody vyvolá průtok proudu mezi anodou a katodou, který je úměrný intenzitě osvětlení. Jde tedy o podobný jev jako u ostatních fotoelektrických prvků. Při výběru fotonky musíme vycházet z určitých hledisek. K práci s černobílým materiélem stačí fotonka s citlivostí v oblasti spektra 400 až 550 Å, pro práci s barevným materiélem to musí být oblast spektra 400 až



Obr. 25

Obr. 26



700 Å. Tyto fotonky jsou však u nás těžko dostupné. Proto s fotonkami zůstaneme jen u práce s černobílými materiály.

Přístroje mohou být konstruovány různě podle indikátorů. Indikátorem může být doutnavka, indikátor vyladění nebo měřidlo. Přístroj může být konstruován jako polo- nebo plnoautomatický, který po prvním nastavení již sám určuje potřebnou expoziční dobu. Použijeme-li jako indikátor měřidlo (sám používám k osvětlení stupnice vestavěnou doutnavku s vypínačem), musíme standardní a vyzkoušený údaj na měřidle přepočítat a podle toho určovat expoziční dobu.

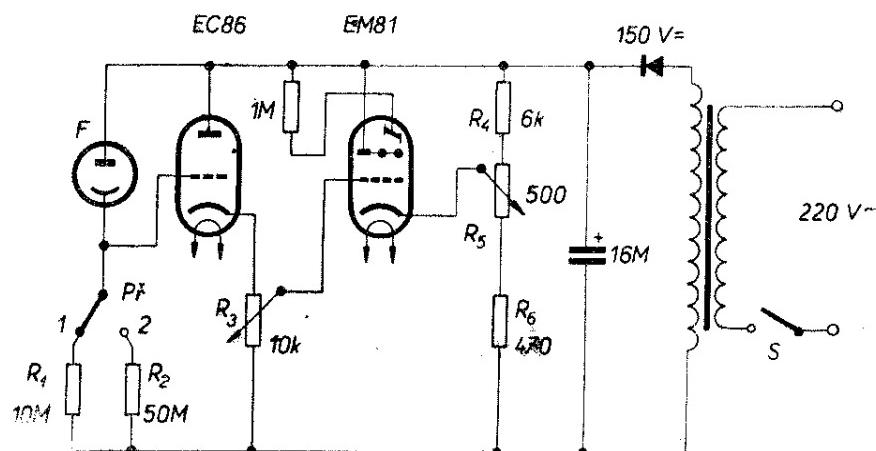
Při určování expoziční doby u negativů je problematické, co vlastně měřit, protože hustota negativu je na různých místech rozdílná. Můžeme měřit integrační osvětlení, tj. celou plochu negativu (celkové množství odraženého světla), kterou optickým systémem promítneme na malou plošku fotonky, nebo na ni necháme dopadat světlo odražené od fotografického papíru. Tato metoda (integrační) se

osvědčuje u standardních negativů, kde rozložení světlých a tmavších míst je dost rovnoměrné. Převládají-li např. tmavší místa, nebude integrace správná; správně bude exponována jen převládající část, zatímco ostatní budou pře- nebo podexponovány.

Druhou metodou je měření osvětlení na nejprůhlednějším místě negativu. Bude-li správně exponována tato partie, je pravděpodobné, že i ostatní části obrazu budou mít správnou expoziční dobu. Tyto dvě metody je někdy účelné spojovat, a to tak, že měříme integrační osvětlení i nejdůležitější partie a podle těchto údajů stanovíme správnou expoziční dobu.

Expozimetr s doutnavkou

Expozimetr použijeme k měření intenzity světla promítaného zvětšovacím přístrojem na citlivý papír. Intenzita osvětlení je závislá na příkonu žárovky zvětšováku, na měřítku zvětšení a na

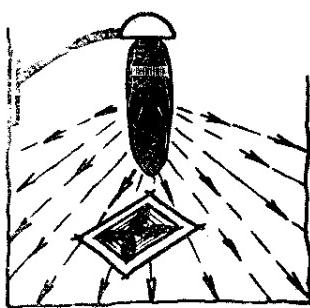


Obr. 27

krytí negativu. Ve schématu expozimetr na obr. 26 má první polovinu dvojitě triody na anodě asi 150 V. Anodový proud je závislý na napětí mřížky, které regulujeme

potenciometrem P . Toto napětí je třeba nastavit tak, aby doutnavka právě zhasla. V této poloze má expozimetr největší citlivost. Je-li fotonka osvětlena, stává se vodivou a na odporu R_2 se zvyšuje napětí. Na mřížku triody se dostane kladné napětí, roste anodový proud triody, narůstá napětí i na odporu R_1 a doutnavka se rozsvítí. Nastavíme-li potenciometr P tak, aby napětí katody se zvýšilo ve stejném poměru jak narůstá napětí mřížky, anodový proud opět poklesne a doutnavka zhasne. Tak můžeme ocejchovat stupnici potenciometru (nejlépe na sto dílků). Druhá trioda slouží jako usměrňovač; můžeme také použít jen jednu triodu a napětí usměrňovat selenem nebo diodou.

Nedostatkem přístroje je malá přesnost a na silně krytých částech negativů malá citlivost. Podrobnosti pro stavbu jsou uvedeny v návodu na zhotovení podobného přístroje [3]. Doutnavka vyhovuje taková, která má malý rozdíl mezi zápalným a zhášecím napětím. Je lépe používat menší, telefonní typ. Fotonka má být vakuová, citlivá v oblasti modrého záření. Transformátor může být nejmenší, případně je možné jej navinout na jádro M42.



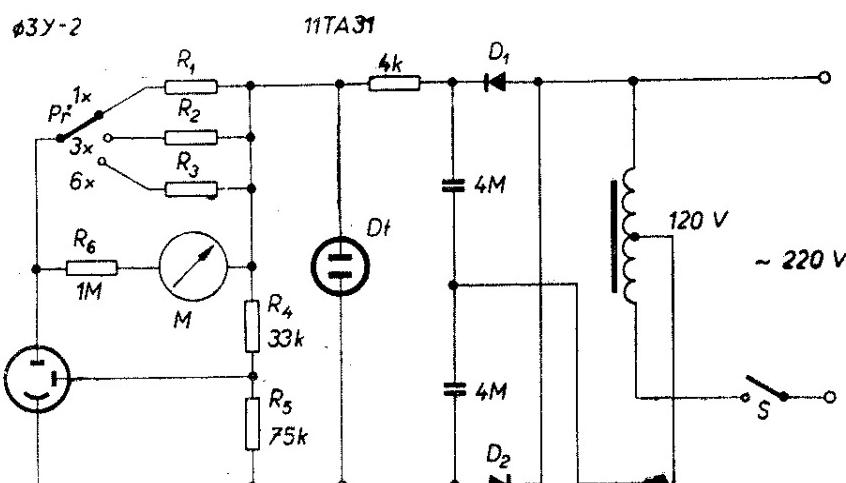
Obr. 28

Expozimetr s indikátorem vyladění

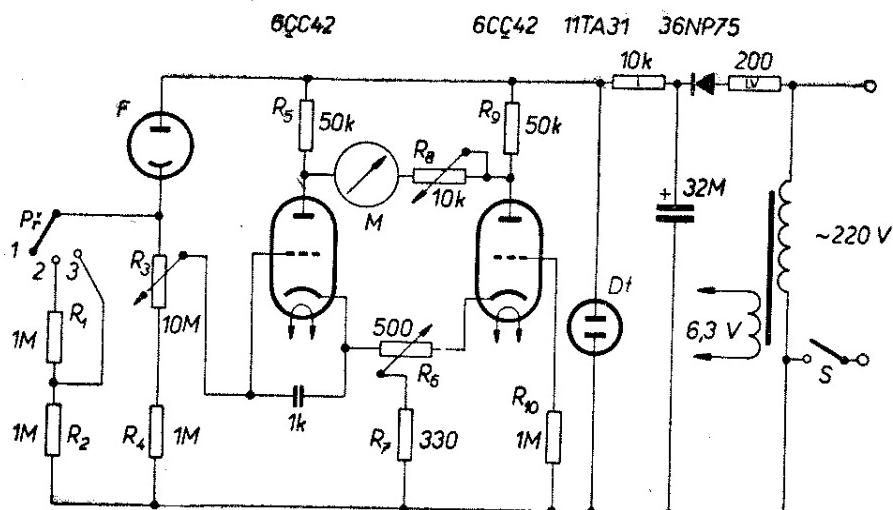
Vestavěním indikátoru podle zapojení na obr. 27 můžeme citlivost expozimtru zvýšit.

Proud, který při osvětlení protéká fotonkou, vyvolává při měření negativů spád napětí na odporu R_1 nebo R_2 . Spád je úměrný osvětlení katody fotonky a napětí se dostává na mřížku triody, která je zapojena jako katodový sledovač. Katodový odpor elektronky EC86 nebo sovětské 6C2T je spojen s mřížkou indikátoru vyladění EM81 (6E5C), který má katodu připojenu na dělič napětí (R_4 až R_6). Poměr napětí na katodě a mřížce indikátoru určuje výšeč. Proto je dělič napětí zvolen tak, aby napětí katody indikátoru bylo o několik voltů vyšší než napětí mřížky. Pomocí R_5 lze regulovat napětí katody indikátoru a stupnici potenciometru ocejchovat. Velikost R_4 má být taková, aby při nulové poloze R_5 a zcela zatemněné fotonce byla výšeč indikátoru asi 45° . Tohoto stavu dosáhneme nastavením R_3 .

Při osvětlení fotonky se zvyšuje napětí katody elektronky – výšeč indikátoru se zvětšuje. Protáčením potenciometru R_5 snížíme opět výšeč na 45° a na jeho stupnici čteme údaj, který podle zkoušek použijeme ke změně expoziční doby. Toto cejchování je jen relativní, neboť závisí nejen na intenzitě osvětlení, ale i na gradiaci fotografického papíru apod. Na kryt indikátoru vyladění označíme ryskou výšeč 45° , abychom při srovnávání měli nějaký výchozí bod. Fotonku umístíme při měření do tmavé krabice se štěrbinou 3 až 4 mm, směřující na fotokatodu.



Obr. 29



Měříme nejsvětlejší část negativu. Přepínač P_r v poloze 2 zvyšuje citlivost přístroje asi pětkrát.

Expozimetr s fotonásobičem

Podarí-li se nám obstarat sovětský fotonásobič φ3Y-2, můžeme postavit velmi citlivý expoziometr. Tento fotonásobič je jednostupňový a je čtyři- až pětkrát citlivější než obvyklé fotonky. Jeho citlivost je 500 až 600 $\mu\text{A/lm}$. To umožňuje jeho použití bez zesilovače.

Zapojení je na obr. 28. Měřidlo s rozsahem 100 μA je zapojeno v anodovém okruhu. Katoda fotonásobiče dostává z děliče napětí asi 70 V. Svodový proud je úměrný osvětlení fotokatody.

Přepínač připojuje k měřidlu bočníky, aby citlivost měřidla při přepínání na nižší rozsah byla vždy polovinou předcházející citlivosti. Odpor v sérii s měřidlem je chráněn při případné poruše fotonásobiče. Protože zesílení fotonásobiče je závislé na napětí, musí být zdroj bezpodmínečně stabilizován. S našimi fotonásobiči lze dosáhnout přibližně stejných výsledků, přístroj však bude značně komplikován tím, že naše fotonásobiče mají obvykle devět dinod, které vyžadují napájení až 900 V. Kromě toho leží jejich citlivost v oblasti pro nás méně vhodné.

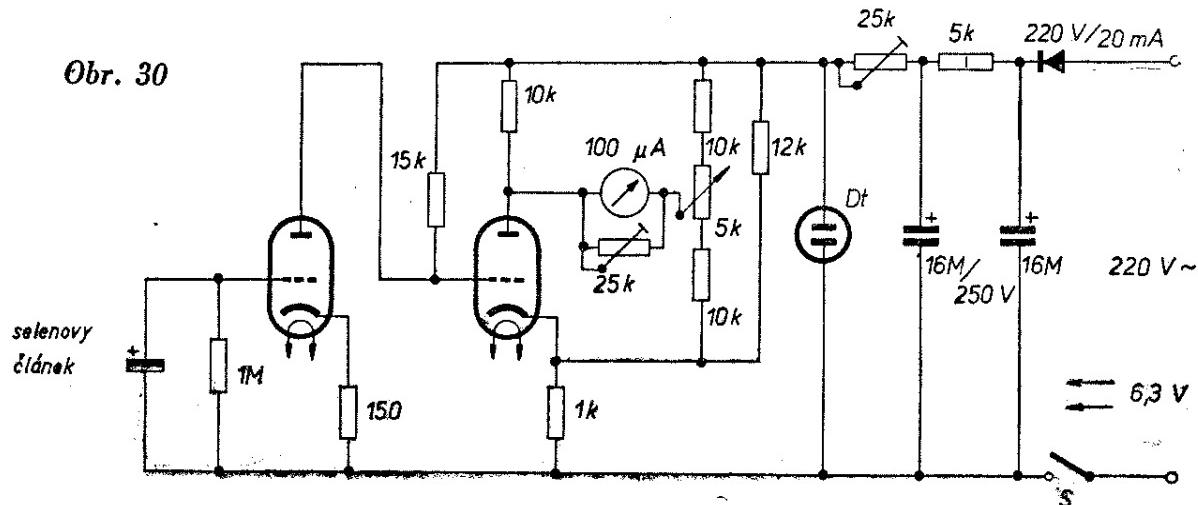
Elektronkový expoziometr s fotonkou

■ Na obr. 29 je zapojení elektronkového expoziometru s vakuovou fotonkou. Jde v podstatě o elektronkový voltmetr s dvo-

ECG85 ECG85

11TA31

Obr. 30



20 • $\frac{6}{\mu\text{A}}$ R_K

jitou triodou. Napětí, které dostaneme na děliče R_3 a R_4 , přivádíme na vstup zesilovače zapojeného jako můstek. Při zatemněné fotonce jsou anodové proudy obou polovin elektronky stejné a mikroampérmetr, který je v diagonále můstku, neukazuje žádnou výchylku. Tuto polohu při zatemněné fotonce nastavíme potenciometrem R_6 , popřípadě změnou hodnot R_5 nebo R_9 . Osvětlením fotonky se rovnováha můstku naruší, na levou polovinu triody se dostává kladné napětí a elektronkou začne téci zvětšený anodový proud. Rozdíl oproti druhé polovině můstku ukazuje měřidlo. Proud, který protéká mikroampérmetrem, je úměrný osvětlení fotonky. Citlivost přístroje je závislá na velikosti odporů děliče. Přepínačem rozšíříme citlivost měření desetkrát a stokrát. Potenciometrem nastavíme citlivost podle druhu fotografického papíru. (Potenciometr $R_3 = 10M$ není v prodeji. Opatrně proto rozebereme potenciometr 5M a odporovou dráhu lupenkou pilkou zúžíme asi na polovinu.) Abychom odstranili vliv kolísání napětí v síti, napojíme přístroj ze stabilizovaného zdroje. Jako transformátor vyhovuje nejmenší typ - M42, mikroampérmetr použijeme s rozsahem 100 až 200 μA a ocejchujeme jej podle výsledků ověřovacích zkoušek. Fotonkou měříme opět nejdůležitější část negativu. Před každým měřením kontrolujeme nulovou polohu měřidla.

Expozimetr se selenovým indikátorem

Na obr. 30 je schéma elektronkového expoziometru, v němž tvoří čidlo selenový fotočlánek. Intenzitu osvětlení měříme těsně pod objektivem zvětšovacího přístroje, měříme tedy průměrnou hodnotu celého negativu. Při změně poměru zvětšení vypočítáme nový expoziční čas podle tabulky, která je u každého zvětšovacího přístroje.



Postup cejchování: selenový článek umístíme těsně před objektiv, nejlépe na místo červeného filtru. Zvětšovák je bez negativu. Potenciometrem P_1 nastavíme na měřidle plnou výchylku. Pak vložíme do aparátu negativ a zaznamenáme výchylku měřidla. Uděláme zkoušky na formát 9 × 12 a předem naměřený údaj bude odpovídat zkusmo vyhledanému času. Tak si pořídíme tabulkou, která bude platit pro určitý druh papíru.

Konstrukce přístroje je jednoduchá: jde o stejnosměrný zesilovač, který kromě nesporných výhod má i své neuctnosti: především je velmi citlivý na kolísání napětí v síti a má velmi častý drift, tj. nestálost nuly. Tyto nedostatky však můžeme zmenšit na únosnou míru použitím stabilizovaného zdroje a vynulováním přístroje před každým měřením.

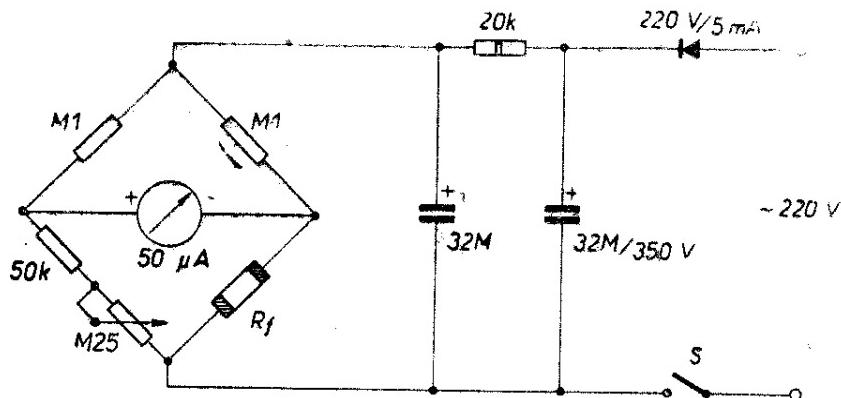
Expozimetr s fotoodporem

Fotoodpory (pokud jsou zhotoveny ze sirníku kadmia) jsou velmi citlivé, rádově až stokrát citlivější než selenový článek, a jejich spektrální citlivost je velmi výhodná (viz obr. 4). Této jejich vlastnosti je možné využít i při konstrukci fotoexpozimetru. Velká výhoda fotoodporů CdS je v tom, že reagují již na osvětlení 10^{-6} lm - tj. na jednu miliontinu lumenu. Takové citlivosti nelze dosáhnout se selenovým článkem bez zesilovačů. Fotoodpor žádný zesilovač nepotřebuje. V podstatě jsou dvě možnosti - a obě jednoduché - jak postavit přístroj: cestou přímého měření nebo můstkovým zapojením.

Princip přímého měření (velmi podrobne popsáný v [4]) spočívá v tom, že síťové napětí usměrníme, vyhledáme kondenzátorem a změnu odporu článku CdS měříme na sériově zapojeném mikroampérmetru. V dalším popise je rozvedena i metoda k ocejchování přístroje a zhotovení posuvného pravítka k přepočítávání údajů měřidla.

Na obr. 31 je zapojení jiného přístroje, který napojíme ze síti. Přístroj je velmi citlivý na kolísání síťového napětí a proto jej musíme napájet ze stabilizátoru. Po usměrnění síťového napětí napojíme můstek stejnosměrným napětím asi 100 V.

Obr. 31



V diagonále můstku je zapojeno citlivé měřidlo, které při úplně zakrytém fotoodporu vynulujeme (můstek je vyrovnan). Dostane-li se na fotoodpor sebe-menší osvětlení, naruší se rovnováha můstku a měřidlo ukáže výchylku. Přístroj můžeme cejchovat metodou popsanou ve [4] nebo stupnicí měřidla zkusmo označíme přímo v osvitových číslech. Stupnice nebude rovnoměrná.

Pouzdro fotoodporu má být z neprůhledné plastické hmoty s otvorem o \varnothing asi 6 až 7 mm. Přístroj umístíme do bakelitové krabičky, abychom byli naprostě bezpečni před úrazem elektrickým proudem.

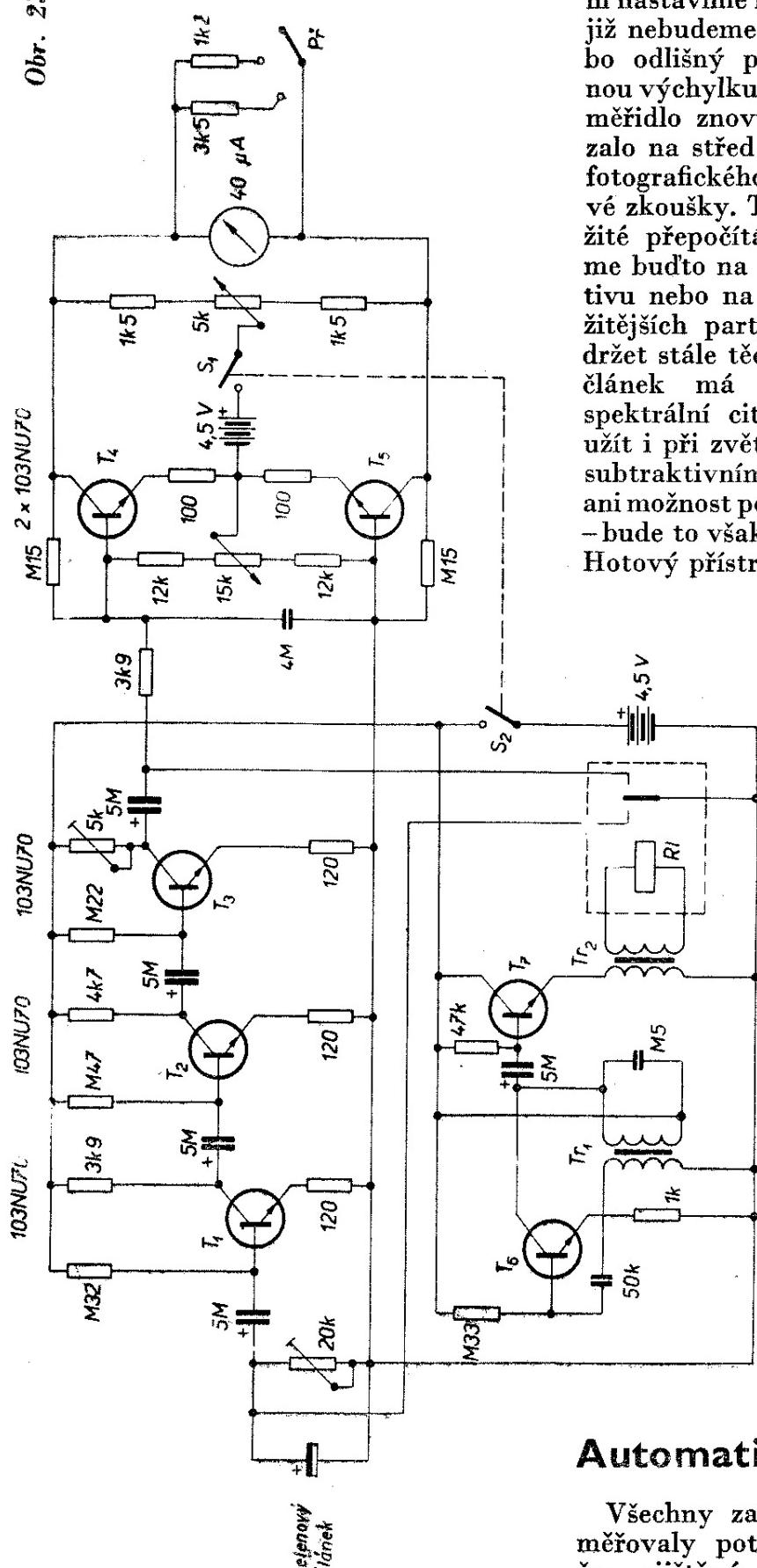
Podobný přístroj, poměrně velmi jednoduchý a spolehlivý, byl popsán v [5]. V praxi vykazuje velmi výhodné parametry a má výhodu zvláště v tom, že nepotřebujeme žádné cejchování, ale vyrovnáváme množství světla clonou objektivu zvětšováku. Přístroj se výborně osvědčil i při práci s barevným materiélem.

Expozimetr se selenovým článkem a tranzistorovým zesilovačem

Zesilovat nepatrný proud nebo napětí, které vzniká v selenovém článku při osvětlení řádu 10^{-6} luxu, by nebylo v elektronice problémem – kdyby elektronkové nebo tranzistorové stejnosměrné zesilovače neměly jednu velkou nečistnost: kolísání nuly, drift. Toto kolísání působí nepřesnost a mnohdy nepoužitelnost celého pracně postaveného zařízení. Tyto problémy nedělají potíže jen ve fotografii, ale při každém měření malých stejnosměrných proudu a napětí i v do-

konale vybavených laboratořích. Proto se pro laboratorní měření konstruují speciální zařízení, v nichž se stejnosměrné napětí moduluje střídavou složkou. To se pak libovolně zesílí, demoduluje a vyhlaďí. Jde tedy vlastně o nízkofrekvenční elektronkový nebo tranzistorový voltmetr, doplněný modulátorem a upravený pro použití v našich fotografických podmírkách, tj. odpadá přepínání a cejchování vstupního obvodu. Protože takový přístroj byl již konstruován pro jiné účely a podrobně popsán v [6], omezíme se jen na úpravu tohoto zařízení pro fotografické účely. Srovnáme-li obr. 32 se schématem podle [6], vidíme, že celý vstupní obvod s přepínačem je vyneschán a na vstupu je kulatý selenový článek o průměru asi 45 mm. Měřidlo bylo použito $40 \mu\text{A}$ s vnitřním odporem $3k5$. Aby se s přístrojem dalo pracovat i při silnější žárovce ve zvětšováku, byla citlivost měřidla snížena asi na polovinu a na čtvrtinu třípolohovým přepínačem a bočníky $3k5$ a $1k2$. Stupnice přístroje je rozdělena na dvakrát sto dílků s nulou uprostřed a při střední citlivosti měřidla (při žárovce 75 W a standardním negativu) je citlivost taková, že rozdíl jedné clony na objektivu působí výchylku měřidla asi o 30 dílků. Zaclonění selenu čirou skleněnou deskou působí výchylku 5 dílků. Cejchovat můžeme podle metody popsané v [4], jednodušší je však tato metoda: standardní negativ zaostříme na standardní zvětšení (zárovku zvětšováku napájíme ze stabilizátoru), clonu použijeme kolem středních hodnot. Selenový článek umístíme na průmětnu a měřidlo nastavíme na střed stupnice. Pak děláme zkoušky s časovým spínačem a po vyvolá-

Obr. 23



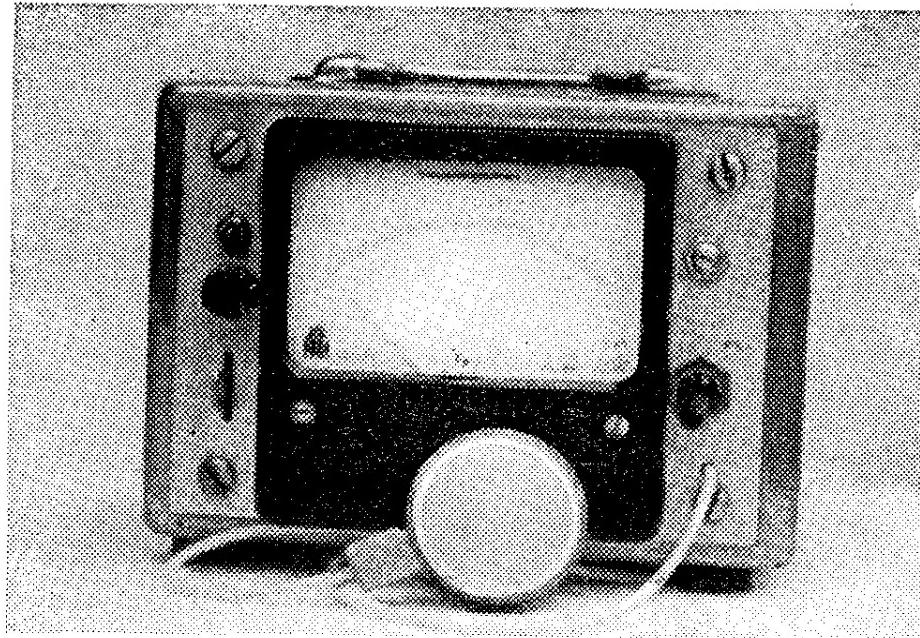
ní nastavíme na spínači vhodný čas, který již nebudeme měnit. Odlišný negativ nebo odlišný poměr zvětšení působí jinou výchylku měřidla. Clonou zvětšováku měřidlo znova nastavíme tak, aby ukázalo na střed stupnice. Při změně druhu fotografického papíru musíme dělat i nové zkoušky. Tato metoda nám ušetří složité přepočítávání hodnot. Měřit můžeme buďto na nejsvětlejších částech negativu nebo na středně tmavých, nejdůležitějších partiích; pak se však musíme držet stále těchto míst. Protože selenový článek má příznivou charakteristiku spektrální citlivosti, dá se přístroj použít i při zvětšování barevných negativů subtraktivním způsobem. Není vyloučena ani možnost použití při aditivním způsobu – bude to však poněkud komplikovanější. Hotový přístroj je na obr. 33.

TELEVIZNÍ PŘÍJEM

ve IV. a V. pásmu a dálkový příjem televizního signálu bude trojit obsah 1. čísla Radiového konstruktéra 1967. Najdete v něm stavění návody na elektronkové i tranzistorové vysokofrekvenční díly, konvertory, anténní předzesilovače, antény atd. Stále rostoucí zájem o tyto otádky televizního příjmu jsou pcbídkou, abyste si další číslo Radiového konstruktéra v čas zajistili!

Automatické expoziometry

Všechny zatím popsané přístroje odměřovaly potřebný, předem nastavený čas, zjištěný zkouškami nebo měřením.



Ideálním řešením je však přístroj, který po nastavení korekce podle gradace papíru již automaticky určuje potřebnou expoziční dobu podle krytí negativu. Ve fotografických laboratořích velkých firem, kde zpracovávají tisíce černobílých i barevných snímků, takové přístroje celý zvětšovací a kopírovací proces úplně automatizují. Mají však cenu přepychového osobního automobilu.

Jejich podstatou je spojení dvou známých principů: časového spínače a obvodu s fotonkou, popřípadě s fotoodporem. Princip automatického expozimetru je poměrně jednoduchý. Základní člen RC hraje i zde stejnou úlohu jako u časových spínačů. Do obvodu zapojíme navíc fotonku, která propouští proud jen při osvětlení; tvoří v podstatě odpor R , jímž nabíjíme nebo vybíjíme kondenzátor. Kondenzátor pak řídí v elektronice napětí mřížky a tím i anodový proud, jehož pomocí spínáme relé. V určitých zapojeních (převážně s tranzistory) může převzít úlohu fotonky fotoodpor.

Princip je sice jednoduchý, ale na cestě k realizaci jsou četné překážky. Největší z nich je fotonka, která je pro amatéry „úzkoprofilovým“ zbožím. Fotonky jsou dvojího druhu:

1. Plněné plynem, které mají citlivost až $700 \mu\text{A/lm}$; se změnou napájecího napětí se však mění i citlivost a tak nemají lineární charakteristiku. Hlavně však

jsou obvykle citlivé v oblasti takového záření, které je mimo světelné spektrum žárovky. Reagují např. na tepelné záření černého krytu žárovky zvětšováku a dávají zečela nekontrolovatelné výsledky.

2. Vakuové fotonky, jejichž charakteristika je lineární – se změnou napájecího napětí se jejich citlivost nemění. Některé mají takovou spektrální citlivost, kterou potřebujeme, jsou však zase velmi málo citlivé – jen několik $\mu\text{A/lm}$, maximálně $100 \mu\text{A/lm}$. Ty však stejně nejsou k dostání. Proto nelze ani dát přesný návod ke stavbě přístroje. Bude záležet hlavně na tom, jakou fotonku použijeme a podle toho budeme muset měnit některé součástky.

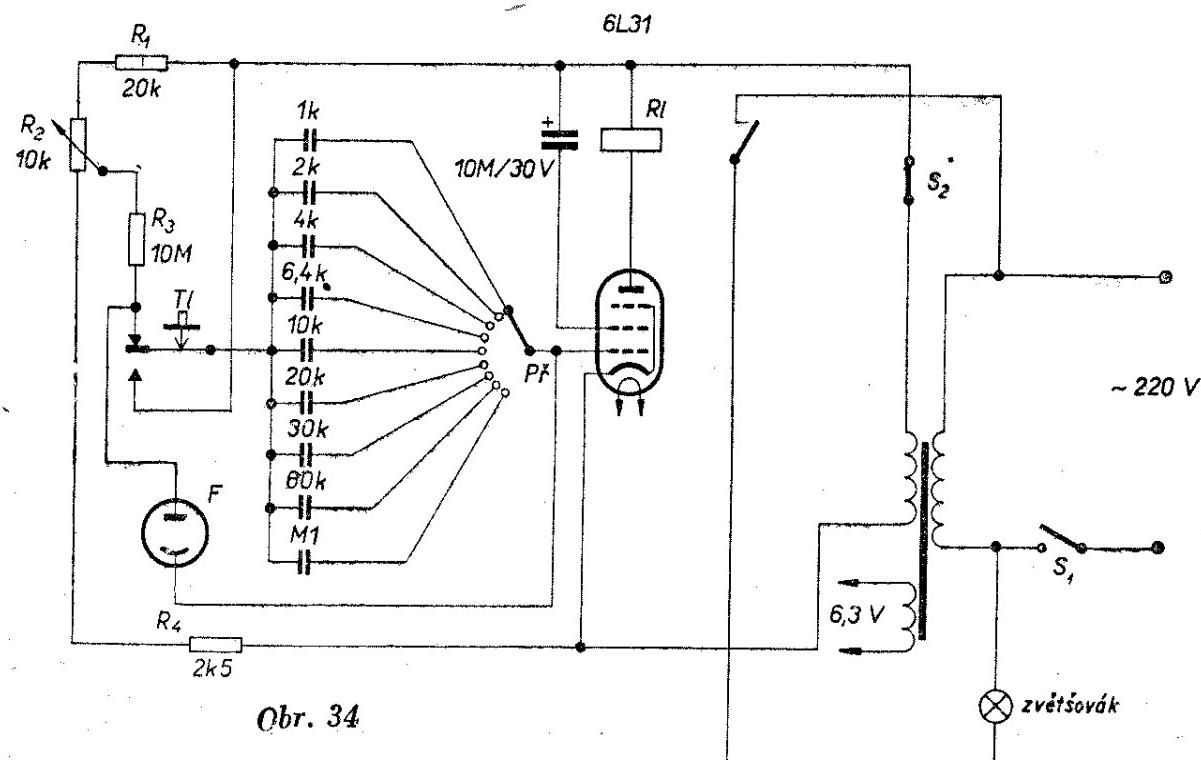
Automatický elektronkový spínač s fotonkou

Přístroj sám vyhodnocuje – integruje – hladinu osvětlení fotografického papíru podle negativu a podle své „paměti“. Samočinně určuje potřebnou expoziční dobu; po uplynutí tohoto času automaticky vypne žárovku zvětšovacího přístroje. Sám vyrovnává kolísání napětí sítě, resp. jeho působení: pokles napětí snižuje intenzitu projekční žárovky, na fotonku dopadá méně světla, expozice se prodlužuje. Při náhlém zvýšení napětí se expozice zkrátí.

Než začneme se zvětšováním, vložíme do zvětšovacího přístroje nějaký průměrný negativ a promítneme jej asi ve střední velikosti na fotografický papír. Postupným přepínáním přepínače $Př$ (obr. 34) a potenciometru R_2 uděláme několik zkoušek a po vyvolání určíme, která expoziční doba byla správná. Na tyto hodnoty nastavíme $Př$ a R_2 . Se změnou papíru (druhu, gradace, citlivosti, povrchu), musíme dělat nové zkoušky. Nyní již můžeme měnit negativy (pokud nejsou nějak zvlášt kontrastní), i poměr zvětšení a přístroj sám určí potřebnou dobu osvitu. Fotonka musí být upevněna na stejném místě, aby odrážela z fotografického papíru vždy stejnou plochu. Přístroj je výhodný pro sériovou práci; osvědčuje se však i při jednotlivých kopíech.

Funkce: po zapojení přístroje na síť se nažhaví elektronka 6L31 a začíná jí protékat anodový proud. Sériově zapojené relé přitáhne kotvu, rozpojí přívod proudu do zvětšováku, žárovka zhasne. Aby relé nedrnčelo, je paralelně k jeho vinutí připojen elektrolytický kondenzátor $10 \mu\text{F}/30 \text{ V}$. Napětí odebírané z běžeckého potenciometru R_2 nabije přes velký odpor $10 \text{ M}\Omega$ konden-

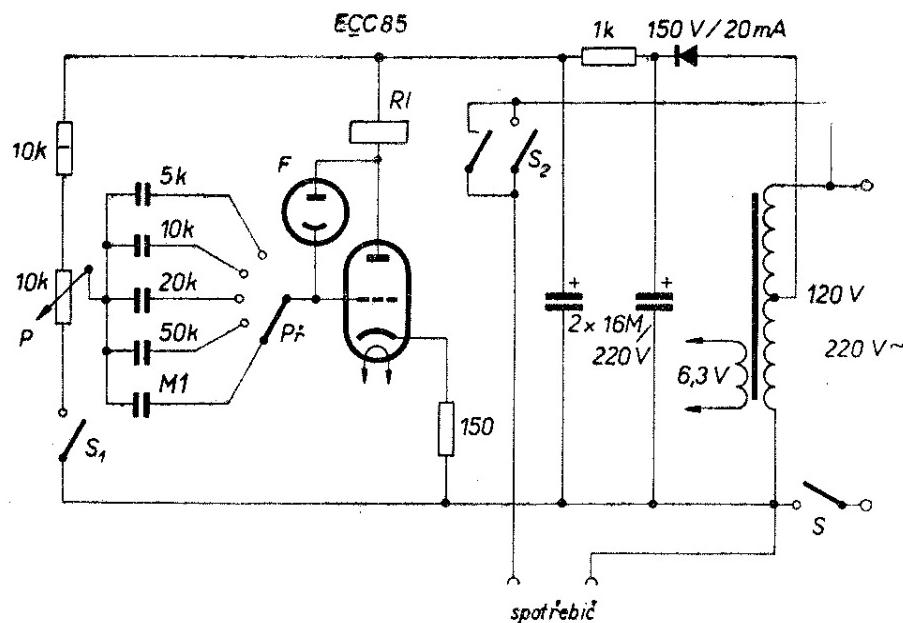
zátor, zapojený k přepínači $Př$. Na mřížce elektronky je kladné napětí, elektronkou teče anodový proud, kotva relé je přitažena, kontakty rozpojeny, žárovka nesvítí. Krátkým zmáčknutím tlačítka Tl nabijeme kondenzátor, uvolněním tlačítka se přivede náboj kondenzátoru mezi mřížku elektronky a zem. Anodový proud přestane protékat, kotva relé odpadne, zapojí kontakty a rozsvítí žárovku zvětšováku. Začíná expozece, náboj na kondenzátoru se pozvolna vybíjí přes fotonku. Vybíjení kondenzátoru je úměrné osvětlení fotonky: čím více světla na ni dopadá, tím větší je její proud, tím rychleji se kondenzátor vybíjí. Během vybíjení klesá záporné napětí na mřížce elektronky, anodový proud roste, až se v určitém okamžiku elektronka otevře, přitáhne relé, kotva rozpojí kontakty a žárovka ve zvětšováku zhasne; expozece je skončena. Expoziční doba je tedy závislá na osvětlení fotonky. Úlohu „paměti“ hrají kondenzátory, které se vybíjejí přes fotonku. Při zaostrování vypneme spínač S_2 (tím přerušíme anodový proud), kotva odpadne a zvětšovák svítí. Sepnutím S_2 žárovka zvětšováku okamžitě zhasne.



Obr. 34

(Na obrázku si propojte druhou mřížku s anodou)

Obr. 35



Přepínačem P měníme kondenzátory, tedy i čas potřebný k jejich vybíjení. Je důležité, aby byly kvalitní, nejlépe keramické nebo styroflexové. Hodnoty nejsou kritické, můžeme zvolit i jinou řadu; stačí menší počet. Potenciometrem R_2 měníme napětí na mřížce. Od levé k pravé krajní poloze potenciometru se nastavený čas mění o $\pm 50\%$.

Přístroj je vestavěn do bakelitové krabičky B6. Konstrukce je poněkud stěsnána (můžeme použít i jinou skříňku, ovšem nekovovou – nebezpečí úrazu elektrickým proudem!). Všechny součástky jsou připevněny k čelní stěně krabice šrouby se zapuštěnou hlavou. Čelní strana je příkryta panelem s nápisem a stupnicemi. Ke zhřivení panelového štitu můžeme použít i fotografickou metodu. Stupnice potenciometru rozdělíme na 10 dílků. Panel je kryt organickým sklem.

Transformátor je navinut na jádře M12 (M42): primár 220 V má 5250 závitů drátu o $\varnothing 0,08$ mm CuP, sekundár na 100 V 2500 závitů drátu o $\varnothing 0,1$ mm, 6,3 V pro žhavicí napětí 200 závitů drátu o $\varnothing 0,45$ mm. Relé je telefonní, cívka má 6000Ω , přitáhne při $2,5$ mA (je možné použít cívku od 2000Ω). Kontakty je třeba dobře izolovat, aby nedošlo ke zkratu. Tři páry kontaktů jsou spojeny paralelně, aby jejich zatížení bylo menší. Spolehlivě spíná do 200 W.

Relé spíná žárovku při odpadu kotvy, upravíme tedy klidové kontakty. Fotonka je na dně krabičky (uvnitř nala-kované bíle, vně černě, aby nerušilo vnější světlo). Krabička je připevněna na vhodném místě ke kostré zvětšováku plechovým páskem. Při zvětšování zhasneme červené světlo, aby fotonka nebyla ovlivněna.

Jiný automatický elektronkový spínač s fotonkou

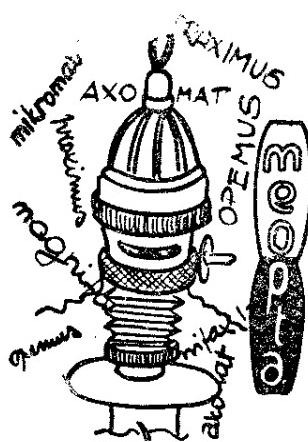
Na obr. 35 je spínač S_1 funkčním spínačem. Je-li rozpojen, teče obvodem anodový proud, relé je přitaženo, ale žárovka zvětšováku nesvítí, protože jsou zapojeny klidové kontakty relé. Při sepnutí spínače přestane elektronkou téci proud, kotva relé odpadne a klidové kontakty sepnou spotřebič. Fotonkou (je umístěna vedle objektivu zvětšováku) teče proud úměrný intenzitě jejího osvětlení. Fotonka je osvětlena odrazem od zvětšovacího papíru – její osvětlení je tedy integrované. Za určitý čas se nabije kondenzátor; mřížka elektronky dostává takové napětí, že začne znova protékat anodový proud, relé přitáhne a expozice je skončena. S_2 se používá při zaostrování. Přepínač P použijeme při nastavení

podle citlivosti papíru, potenciometr P k nastavení citlivosti podle negativu.

Fotonka může být i plynem plněná, musí však mít vyhovující spektrální citlivost. Elektronka je ECC85 nebo podobný typ; jednu polovinu můžeme použít jako usměrňovač. Relé má mít vinutí o odporu nejméně 2000Ω . Transformátor stačí nejmenší. Můžeme jej navinout na jádro M12 (M42): primár 220 V – 5500 z drátu 0,1 mm CuP s odbočkou na 4000. závitu. Pro žhavení: 190 z drátu o $\varnothing 0,3$ mm CuP. Pro bezpečnost je třeba vestavět zařízení do bakelitové krabice, nejlépe B6.

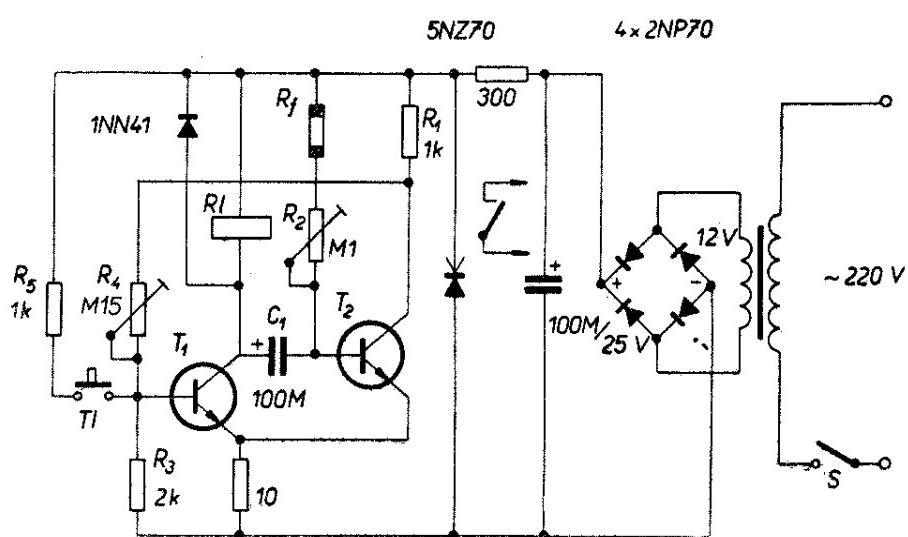
Tranzistorový automatický časový spínač s fotoodporem

Výhodné parametry, zvláště spektrální citlivost fotooodporů naší výroby, umožňují použít je jako citlivý článek pro automatické určování expoziční doby. Schéma spínače s tranzistory a fotooodporem je na obr. 36. Fotooodpor vestavíme do malé krabičky (bakelitový uzávěr od láhve na olej) tak, že z krabičky vyřízneme čtverec velikosti fotooodporu a celou jeho plochu vystavíme světu. Fotooodpor umístíme na nosné trubce zvětšováku tak, aby na něj dopadalo co nejvíce světla odraženého od citlivého fotopapíru (pracujeme tedy opět s integrálním využitím, což sice nebude vyhovovat při velmi kontrastních nebo málo krytých negativech, bude však dostačovat pro většinu negativů).



Celé zařízení je napájeno ze sítě, zdroj je stabilizován. Principem přístroje je tranzistorový klopný obvod. Stisknutím tlačítka přivedeme na bázi tranzistoru T_1 kladné napětí a tranzistor se otevře. Relé přitáhne a současně se uza-

vře T_2 . Odpor fotooodporu R_f je závislý na intenzitě osvětlení a podle něj nastane opět klidový stav. Tento čas je určen vztahem: $t > 0,7 C_1 (R_f + R_2)$. Pro korekci – kterou nastavíme zkouškami před zahájením práce – si zvolíme potřebnou polohu potenciometrem R_2 . R_4 nastavíme tak, aby nenastalo samovolné spínání a rozpínání relé. Tranzistory jsou vhodné 101 až 104NU71 nebo 0C71, u nichž musíme obrátit polaritu zdroje, diod a C_1 . Tranzistory nesmějí mít velký klidový proud. Paralelně ke kontaktům relé (vinutí asi 300Ω) je připojen spínač pro zaostrování (na obr. 36 není zakreslen). Transformátor stačí nejmenší na jádře M12, s napětím na sekundáru asi 12 V. Fotooodpor má mít při osvětlení 1000 lx odpor 1500 až 2000 Ω . Celé zařízení se pohodlně vejde do krabičky B6.

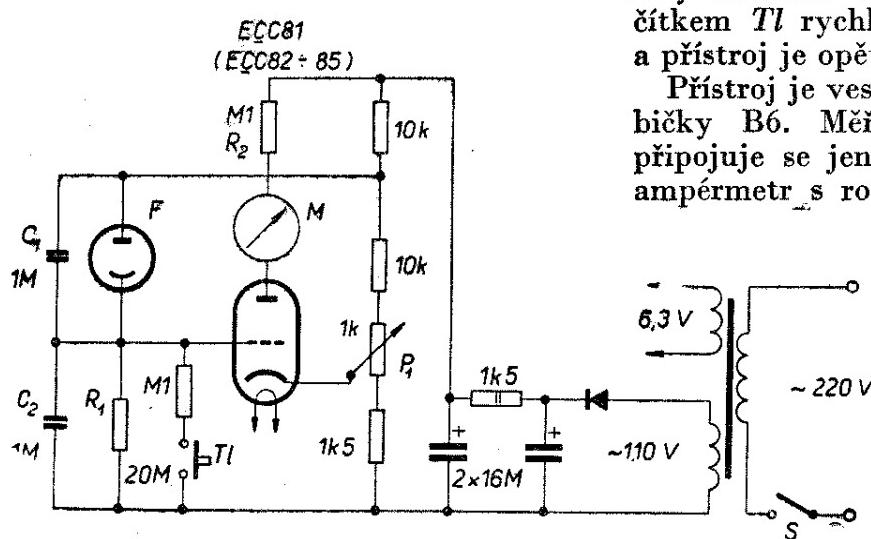


Obr. 36

Měření intenzity velmi krátkých světelných záblesků

Při stavbě zábleskového přístroje – fotoblesku – už předem určíme jeho energii volbou kapacity kondenzátoru a napětí. To je však jen orientační údaj, protože již při malém poklesu napětí energie rychle klesá; kondenzátor téměř nikdy nemá udanou kapacitu, stárne, ztrácí ji, nemluvě již o svodovém proudu kondenzátoru. Směrné číslo stejně můžeme určit podle Ws jen s tolerancí $\pm 10\%$ i více, protože závisí na celé řadě dalších faktorů, které se ještě navíc s časem mění. Velký vliv na směrné číslo má vedle jakosti výbojky i reflektor, jeho povrch, zakřivení, umístění výbojky před nebo za ohniskovou rovinou nebo přímo v ní (a na tom závisí úhel rozptylu), průměr reflektoru, ochranné sklo atd. Zbývá tedy prakticky jen jediný způsob, jak spolehlivě zjistit směrné číslo: řadou zkoušek, které však po určité době musíme opakovat, i když jsme na blesku nic nezměnili.

Přístroj je schopen změřit intenzitu krátkého záblesku 10^{-4} s a srovnat intenzitu různých záblesků s nějakým normálem, registruje a měří sebekratší záblesk. Kromě toho může měřit intenzitu jakéhokoli světla jako luxmetr a při použití velmi citlivého měřidla může v černobílé fotografii sloužit k určení intenzity osvětlení při zvětšování.



Přístroj podle obr. 37 je poměrně jednoduchý a nemá žádné choulostivé vazby; jeho spotřebu elektroměr ani neregistrouje. Součástky mohou být běžné, jen kondenzátory C_1 a C_2 mají být kvalitní MP.

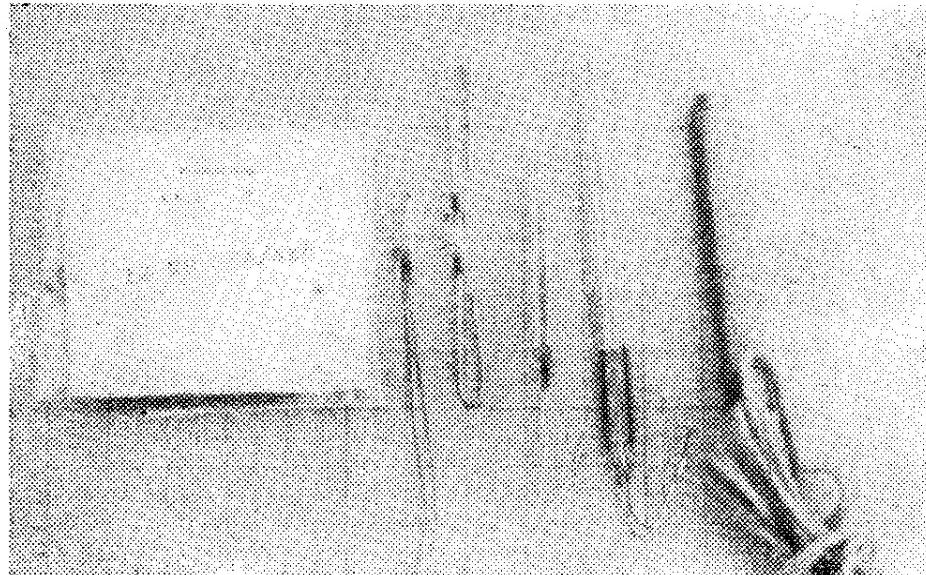
Princip činnosti přístroje je založen na tom, že fotonka (která se používá v promítacích přístrojích) propustí při zapojení na zdroj ve tmě jen nepatrný proud $0,01 \div 0,1 \mu A$. Při osvětlení její odpor klesne a propouští proud až několik mA. V tak krátkém čase, jako je záblesk, to ovšem nemůžeme změřit. Proto musíme přidat jakousi paměť, která nám tuto hodnotu – přibližně lineárně závislou na intenzitě osvětlení – na okamžik ukáže.

Po zapnutí přístroje propustí fotonka jen nepatrný proud a přes velký odpor R_1 se nabije kondenzátor C_1 . Napětí na R_1 je regulováno počátečním předpětím triody pomocí P_1 , kterým nastavíme měřidlo před měřením na nulu. Osvětlíme fotonku, napětí na R_1 rychle stoupne a na toto napětí se nabije C_2 . Současně se vybije C_1 přes fotonku. Anodový proud triody změnou napětí na mřížce náhle stoupne a miliampérmetr ukáže hodnotu, která bude úměrná intenzitě a době osvětlení fotonky.

Po skončení záblesku proud fotonky ustane, C_2 se pomalu vybíjí přes R_1 , současně se nabijí C_1 , napětí na mřížce dosáhne původní hodnoty (tj. klesá), měřidlo ukazuje nulu. Rychlosť tohoto procesu závisí na velikosti C_1 , C_2 a R_1 . To je vlastně „paměť“ přístroje, jejíž pomocí intenzitu záblesku tisíciny vteřiny můžeme odečíst na měřidle. Tlačítkem Tl rychle vybíjíme kondenzátor a přístroj je opět připraven k použití.

Přístroj je vestavěn do bakelitové krabičky B6. Měřidlo je mimo krabici, připojuje se jen při použití. Stačí miliampérmetr s rozsahem 1 až 2 mA. Po-

Obr. 37



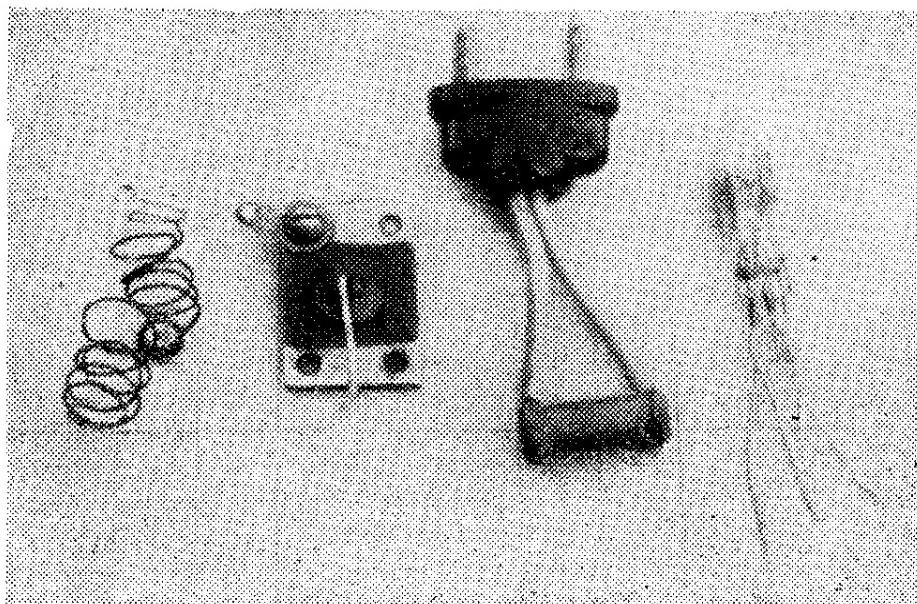
tenciometrem P_1 měníme předpětí triody, abychom mohli měřit při světle. Před měřením měřidlo pomocí P_1 nastavíme na nulu. Trioda může být jakákoli, po případě i dvojitá, (pak se oba systémy paralelně spojí). Tlačítko Tl slouží k rychlému nulování. Transformátor je vinut na jádře M42, primár na 220 V má 5500 z drátu o \varnothing 0,1 mm CuP, sekundár na 110 V 3000 z drátu o \varnothing 0,1 mm CuP a žhavení 190 z drátu o \varnothing 0,35 mm CuP. Selenový usměrňovač je sloupec z deseti destiček o \varnothing 18 mm. Jednou polovinou dvojité triody je možné usměrňovat.

Fotonka je umístěna na jednom konci tmavé kartonové krabice dlouhé 15 cm, aby byla odstíněna. Při silnějším světle můžeme tubus clonit nebo opatřit opálovým sklem. Tubus je spojen s krabicí zástrčkou.

Postup měření: blesk se známým směrným číslem odpálíme kolmo na ústí krytu fotonky z tak přesně vymezené vzdálenosti, aby ručka měřidla ukažovala na střed stupnice. Pak zkusmo přiblížujeme nebo vzdalujeme reflektor a odpálíme znovu tak, aby měřidlo se vychýlilo o 10 % více nebo méně. Přesné vzdálenosti reflektoru od ústí fotonky změříme a podle tohoto normálu vyzkoušíme linearitu měřidla (případně ji upravíme změnou sériově zapojeného odporu R_1 a ocejchujeme ji). Pak můžeme libovolný fotoblesk srovnat s normálem a určit jeho směrné číslo, dodržíme-li stejně vzdálenost.

Regulace a měření teploty vzduchu, lázní, sušiček apod.

Ve fotografických procesech, především při zpracování negativního i pozitivního materiálu, hraje velmi důležitou úlohu teplota lázní i vzduchu. Uspokojivé výsledky máme zaručeny jen tehdy, udržujeme-li téplotu lázní ve velmi přesném rozmezí. Vývojka pro barevné materiály musí mít např. teplotu, jejíž změna nesmí překročit 0,5 °C. Teplotu sice můžeme udržovat i „manufakturním způsobem“, tj. neustálým měřením rtuťovým teploměrem, je to však metoda nespolehlivá a vyčerpávající. Mnohem výhodnější jsou jednoduché automaty, které naprostota spolehlivě uhlídají teplotu a udržují ji v rozmezí několika desetin stupňů bez nákladných kontaktních rtuťových teploměrů. Čidlem, které reaguje na změnu teploty, je termistor s negativní teplotní závislostí. Je to vlastně teplotně závislý odpor mimořádné citlivosti, jehož odpor při zvyšování okolní teploty klesá a naopak. Tohoto jevu využíváme v různých elektronických zařízeních. K regulaci teploty lázní i vzduchu jsou nejhodnější perličkové termistory (obr. 38) velikosti špendlíkové hlavičky, zatavené do skleněného ochranného pouzdra. Pro nepatrnou hmotu mají tyto perličky minimální tepelnou setrvačnost, prak-



icky během několika vteřin přejímají teplotu okolí a reagují na její změny. Se zařízením, které bylo ocejchováno na teplotu vzduchu, nelze ovšem regulovat teplotu lázní nebo naopak, protože při různé tepelné vodivosti okolí termistor na tyto změny různě reaguje [7]. Zařízení (teploměry i regulátory) proto musí být konstruována jako jednoúčelová. Tyčinkový termistor (obr. 39), který má velkou setrvačnost, může sloužit jako regulátor teploty vzduchu v místnosti nebo v sušicí komoře, popřípadě jako poplašné zařízení, které signalizuje změnu teploty nad nebo pod určitou mez. Terčíkové termistory umístěné na různé přístroje nebo jejich části (sušička, stroje, ložiska, motory) spolehlivě hlídají a udržují stanovenou teplotu.

I když funkce přístrojů s termistory je na první pohled velmi jednoduchá, vyžaduje práce s nimi hlubší studium, chceme-li se vyhnout nezdaru a zničení termistorů.

Termistorová zařízení můžeme rozdělit na jednoduchá, elektronková a transistorová.

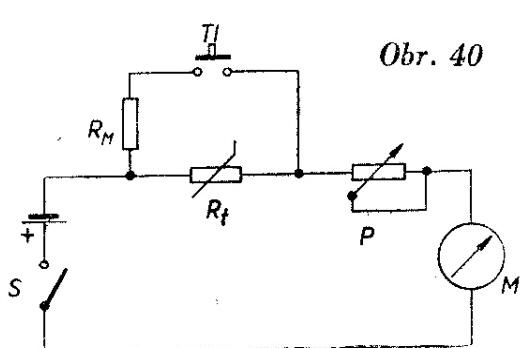
Do první kategorie patří především teploměry pro nejrůznější použití. Pro jednoduchá měření, kde nevyžadujeme velkou přesnost, ale spíše indikaci určité teploty, využívají nejjednodušší zařízení podle obrázku 40. Z baterie teče určitý proud přes termistor a potenciometr; měřidlo ukáže jeho hodnotu. Zvýšením teploty termistoru klesá jeho odpor, měřidlo ukáže větší výchylku. Je-li zdroj konstantní, je možné měřidlo ocejchovat přímo v teplotních údajích. Nevýhodou tohoto zařízení je, že celá stupnice nebude využita. Tlačítkem kontrolujeme napětí baterie. Toto zařízení můžeme použít pro méně přesná měření teploty sušičky, motoru, krytu promítáčky atd. Můžeme použít tyčinkové termistory, které jsou v běžném prodeji a měřidlo stačí s rozsahem kolem 1 mA.

Při všech konstrukcích s termistory musíme uvážit dvě věci:

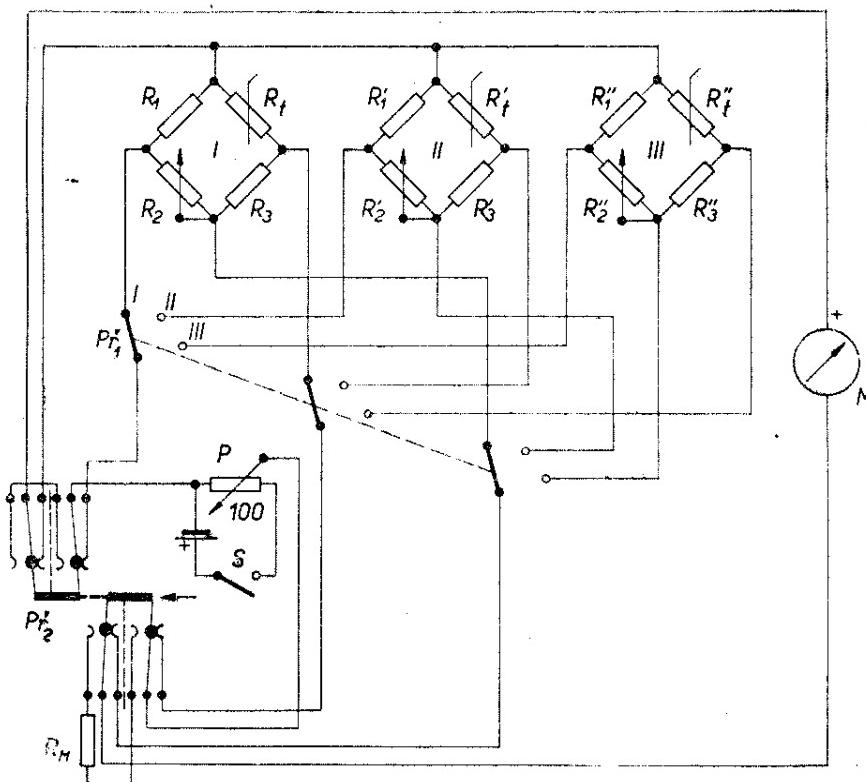
- teče-li termistorem i sebemenší proud, ohřívá se a okolí jej musí chladit;
- různé okolí termistoru různě odvádí teplo, proto je těžké konstruovat univerzální teploměr.

Náročnější, dostatečně přesné teploměry jsou v můstkovém zapojení. Tato zařízení pracují s přesností desetiny

Obr. 40



Obr. 41



stupně a při použití perličkového termistoru je tepelná setrvačnost minimální. Takové konstrukce slouží ke kontrole teploty lázní, povrchové teploty bodově, v lékařství apod. Teploměr může být řešen jako vyrovnaný můstek (na stupni potenciometru čteme údaj při nulové poloze měřidla) nebo jako můstek nevyrovnaný (ručka měřidla ukazuje přímo hodnotu). Výpočet můstku viz [7] a [8], kde jsou i příklady. Hlavní pozornost musíme věnovat tomu, aby termistorem tekl minimální proud. Výrobce např. udává, že perličkový termistor naší výroby 10NR15 má maximální zatížení 30 mW, tj. při napětí 3 V jím může téci 10 mA. To si však nemůžeme dovolit, protože termistor by se nadměrně ohříval. Proto musíme jeho příkon zmenšit na 0,1 až 0,02 mW. Při třech voltech jím pak poteče proud maximálně 50 mikroampér!

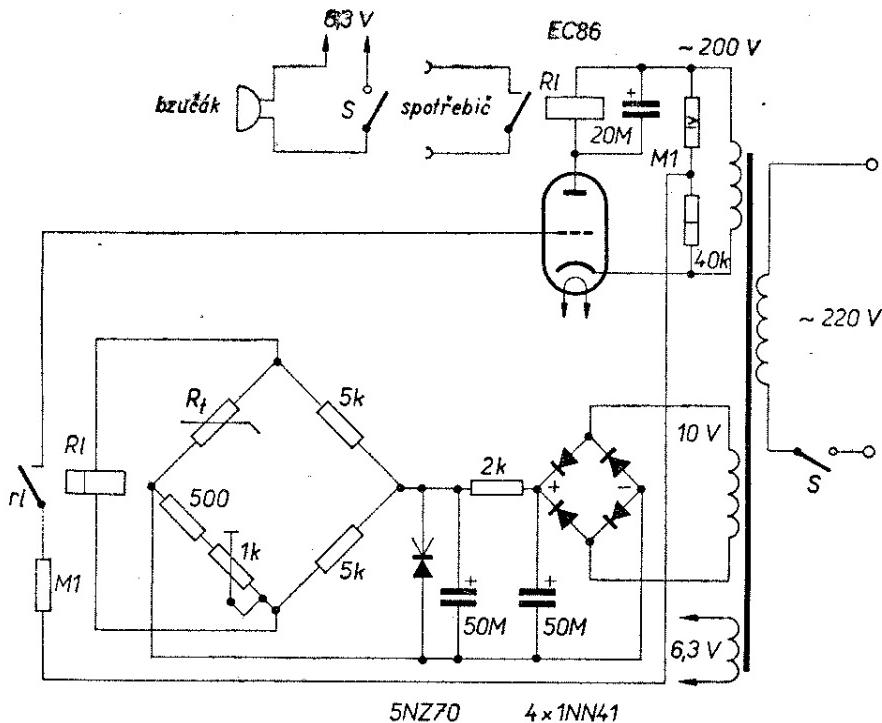
Na obr. 41 je polovodičový teploměr, který měří teplotu tří různých lázní přepínáním. Skládá se ze tří stejných samostatných můstků. Termistory jednotlivých můstků jsou trvale umístěny v různých lázních. Přepínání umožňuje číst na měřidle teplotu kterékoli z nich.

Telefonním přepínačem kontrolujeme napětí baterie před měřením – podle toho určíme R_M .

Postup cejchování: perličkový termistor 11 nebo 12NR15 (nebo podobný typ) umístíme v lázni a spojíme s můstkkem libovolně dlouhým vodičem. Podle přesného kontrolního teploměru nastavíme lázeň na nejnižší teplotu, jakou můžeme připustit. Potenciometrem v můstku nastavíme měřidlo na nulu. Pak lázeň ohřejeme na maximální povolenou teplotu – měřidlo má ukázat plnou výchylku. Pokud je rozdíl mezi minimem a maximem malý (5 až 6 °C), bude stupnice téměř lineární. Je obtížné uvést hodnoty odporů v můstku, protože každý termistor má jiné parametry a výši napájecího napětí i hodnoty odporů můstku lze určit jen výpočtem. Pro informaci uvádím příklad.

Rozsah měření 35 až 42 °C. Termistor měl při 35 °C odpor 3400 Ω, při 42 °C 2500 Ω. Měřidlo mělo rozsah 30 μA a vnitřní odpor 370 Ω. Hodnoty můstku: $R_1 = 1020 \Omega$, R_2 (trimr) $= 150 \Omega$, $R_3 = 340 \Omega$, napájecí napětí 0,44 V (tužkový článek 1,5 V).

Obr. 42



Elektronkový termistorový regulátor teploty

V barevné fotografii je třeba hlídat teplotu vývojky velmi přesně, protože na ní závisí výsledek práce. Dokáže to spolehlivě automatický přístroj, který udržuje teplotu s přesností několika desetin stupně. Klesne-li teplota pod stanovenou mez, automat zapne topení (obvykle vodní lázeň nebo teplovzdušné zařízení) a po ohřátí lázně na stanovenou teplotu topení opět vypne. Při správném seřízení se může citlivost pohybovat od 0,1 do 0,5 °C; záleží to na tepelné setrvačnosti termistoru a na kvalitě ostatních součástek.

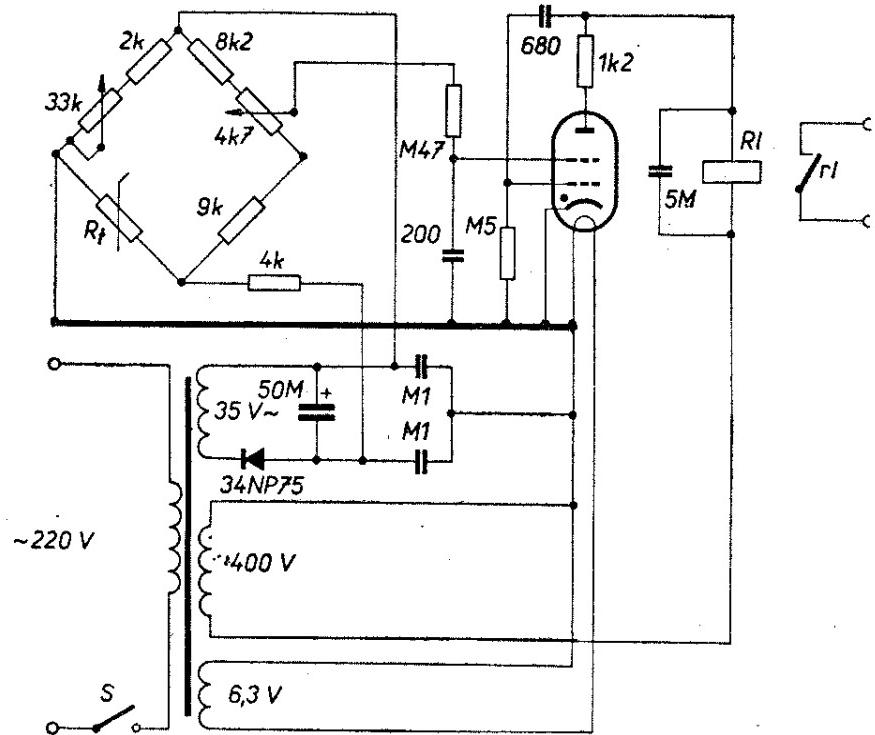
Nejvýhodnější je opět můstkové zapojení s perličkovým termistorem, který je v ochranném obalu ponořen přímo v lázni. Zařízení napájíme ze stabilizovaného zdroje, abychom dosáhli maximální přesnosti. Funkce přístroje podle obr. 42 je jednoduchá: můstek napájíme stejnosměrným napětím asi 6–10 V. Pro kontrolu zapojíme do diagonály můstku citlivý mikroampérmetr s rozsahem 50–100 μA, nejlépe s nulou uprostřed. Termistor umístíme v lázni takové teploty, jakou chceme udržovat, a potenciometrem můstek vyrovnané,

aby ručka měřidla ukazovala nulu. Pak ochladíme lázeň o 0,2 °C a měřidlo ukáže (podle použitého termistoru) určitou výchylku. Místo měřidla zapojíme polarizované relé takové citlivosti, aby při dané nevyváženosti můstku sepnulo. Jeho kontakty připojí při sepnutí na mřížku triody záporné předpětí, elektronka se uzavře, kontakty relé v anodovém obvodu odpadnou a sepnou opení. Po ohřátí lázně se můstek opět vyrovná, polarizované relé vypne – a výkonové relé rozpojí kontakty topení. Pro kontrolu provozní doby topení spíná relé i malou žárovku. Je také výhodné připevnit na kryt polarizovaného relé malý bzučák, který se zapíná s topením a jednak svým chvěním omezuje lepení kontaktů polarizovaného relé, jednak zvukem signalizuje, že topení je zapnuto. Polarizované relé je nejlepší s otočnou cívou spínající již od 20 μA (Metra RD10 nebo výprodejný F a FD, spínající již od 10 μA. Elektronka vyhovuje EC86, ECC82, ECC85, ECC88 apod.) Relé, které je zapojeno do anodového okruhu a spíná topení, má pracovat při proudu pod 10 mA.

Podobné zařízení lze postavit s tyatronem (obr. 43). Odpadne sice citlivé polarizované relé, snižuje se však poněkud citlivost zařízení. Můstek je vyrovnaný tak, že při určité teplotě je

PL21

Obr. 43



tyratron uzavřen, relé je bez proudu, kontakty topení jsou rozepnuty. Klesá-li teplota, řídicí mřížka tyratronu se stává kladnější a tyratron zapálí – relé sepne topení. Po dosažení původní teploty nastane opět klidový stav. V tomto zapojení je použit perličkový termistor s odporem kolem $300\text{ k}\Omega$ při 25°C .

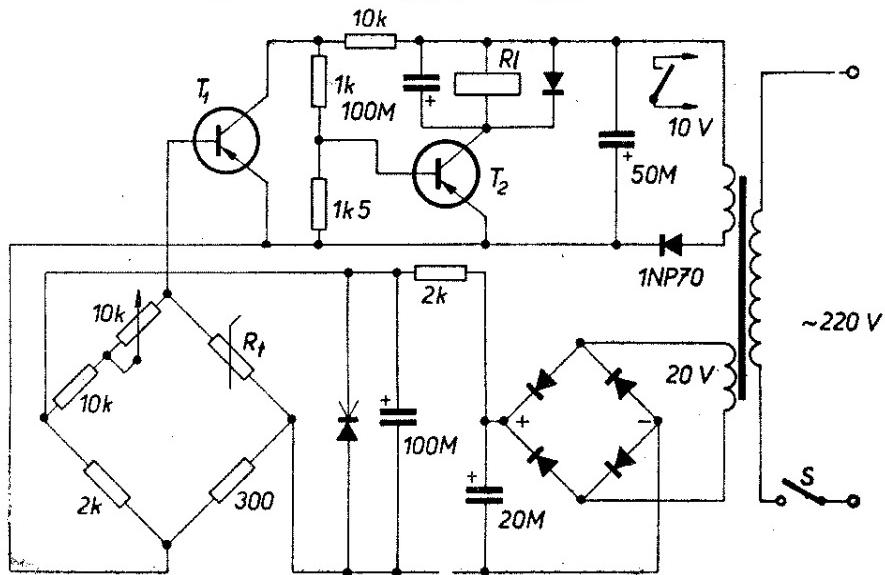
Tranzistorový regulátor teploty s termistorem

Pro běžnou potřebu fotoamatérů zcela vyhoví poměrně jednoduchý, levný a spolehlivý regulátor teploty s tranzistory. Prakticky se hodí ke všemu (s určitými úpravami): může hlídat teplotu lázně,

OC71

OC76

1NN41



Obr. 44

signalizuje přehřátí lázně, hlídá teplotu sušičky a může pracovat i jako signálzátor požáru v opuštěné místnosti.

Nejprve k použitým termistorům. Teplotu lázně může hlídat perličkový termistor zasazený do skla, teplotu sušičky tyčinkový nebo terčíkový a funkci protipožárního hlídače může zastat každý druh termistoru. Přístroj podle obr. 44 a 45 se skládá ze dvou částí: z termistorového můstku napájeného ze stabilizovaného zdroje a ze zesilovače.

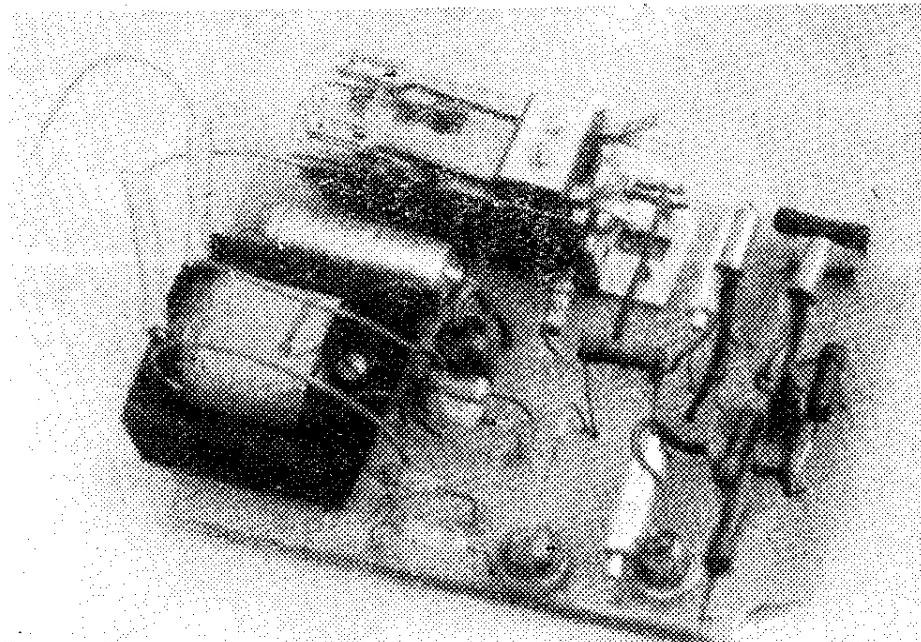
V jedné větvi můstku je termistor, který je trvale umístěn v lázně. Se změnou teploty lázně se mění jeho odpor a poruší se rovnováha můstku. Klesne-li teplota pod stanovenou hranici, protéká diagonálou můstku nepatrny proud, který přivádíme ke stejnosměrnému dvoustupňovému tranzistorovému zesilovači. Tento proud sepne po zesílení relé, které zapíná topení. Lázeň se ohřívá, odpor termistoru klesá. Můstek se opět vyrovnaná, takže na vstup zesilovače se již nedostává žádný signál a relé vypne topení. Teplota se udržuje v předem stanoveném rozmezí s přesností $0,5^{\circ}\text{C}$. Indikace zvyšování teploty je stejná jen s tou změnou, že termistor je zapojen do jiné větve můstku.

Přístroj napojíme ze sítě a vestavíme jej do bakelitové krabičky B6 na plošných spojích. Transformátor stačí M12 (M42). Kromě síťového má dvě sekundár-

ní vinutí: první asi na 20 V k napájení můstku, druhé asi 10 až 12 V pro zesilovač. Použijeme relé s odporem cívky 200 až $500\ \Omega$, které spolehlivě spíná při 7 až 10 V. Jeden páár kontaktů má spínat topné zařízení (nejlépe ve vodní lázni kolem misky s vývojkou; v žádném případě nesmí být vývojka ohřívána přímo), druhý páár současně spíná kontrolní žárovku.

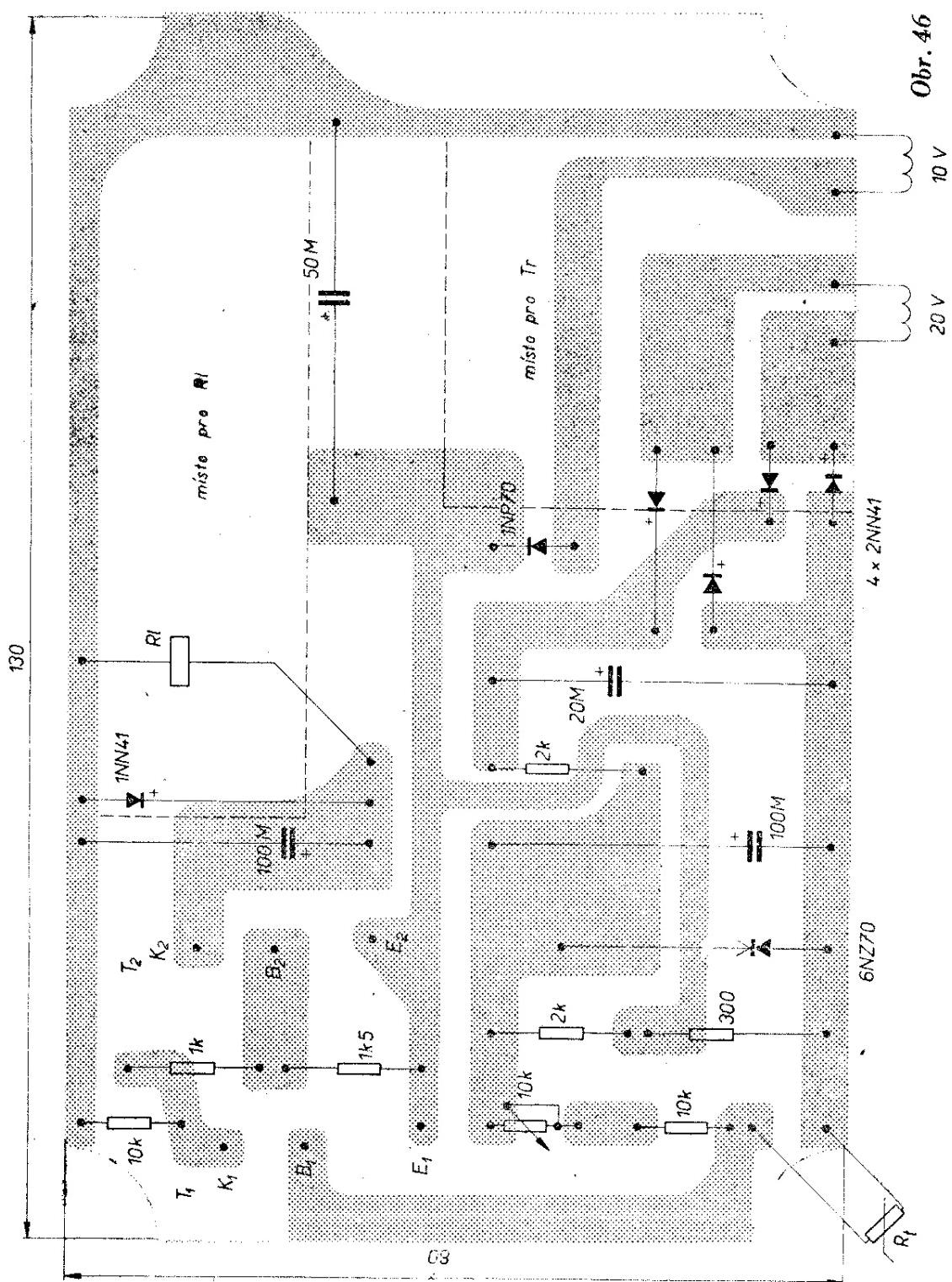
Součástky, až na perličkový termistor, který je třeba objednat ze závodu První pětiletky v Šumperku, jsou běžně k dostání. Perličkový termistor 10 až 12NR15 jsou zataveny do špičky asi 10 cm dlouhé skleněné trubičky o průměru asi 5 mm (obr. 38). Ke dvěma jeho vývodům připojíme dlouhý, tenký dvoupramenný izolovaný drát (na vývody natáhneme bužírku). Pak celou skleněnou trubičku kromě špičky, kde je citlivý termistor, vsuneme do druhé trubky z plastické hmoty a zalejeme Epoxy 1200 nebo Dentakrylem tak, aby vývody byly vodotěsně záity. Na špičku, která je velmi choulostivá na úder, můžeme ještě upevnit ochranný košíček. Takto upravený termistor zamontujeme pevně na místo, např. na dno misky.

Přístroj zapneme a do misky dáme lázeň takové teploty, jakou chceme udržovat. Nyní otáčíme trimrem v můstku, aby relé správně sepnulo. Pak trim-



Obr. 45

Obr. 46



rem otáčíme opět zpět, až relé vypne. Ochladíme-li lázeň o $1/2^{\circ}\text{C}$, musí relé sepnout. Při regulaci důváme pozor, aby termistor byl stále ponořen v tekutině, jinak se může poškodit přetížením.

O výrobě plošných spojů bylo již napsáno mnoho [9]. Obvykle se používá fotografická metoda a chlorid železitý.

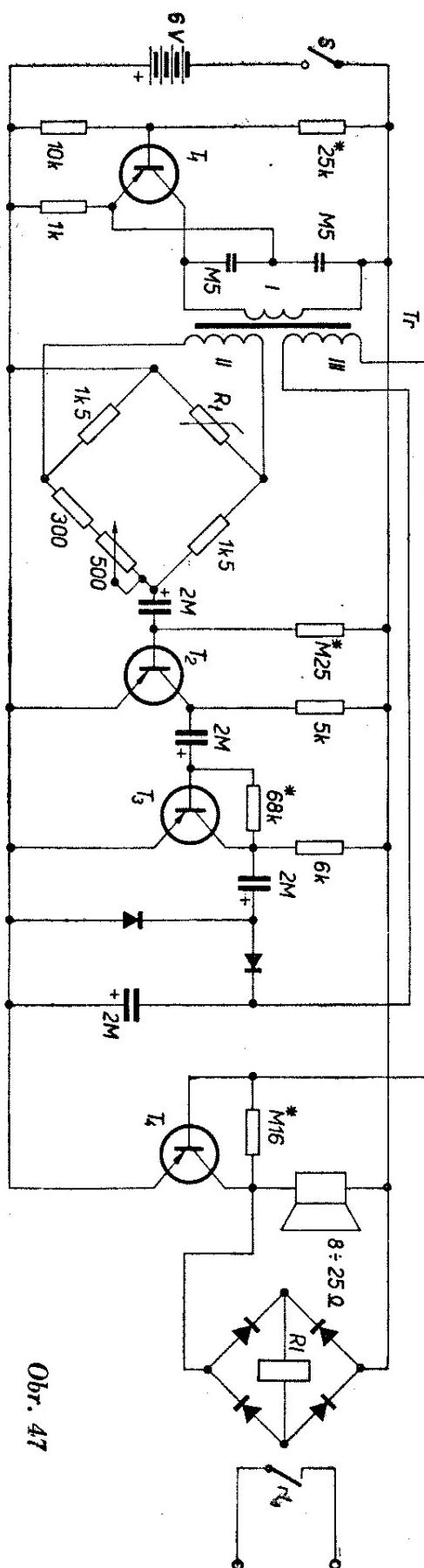
Fotografovat pro jednotlivý kus se však nevyplatí a chlorid železitý bývá nedostatkovým zbožím. Proto postupujeme poněkud jinak. Plošný spoj podle obr. 46 překopírujeme na měděnou fólii cuprexitové destičky a místa, která nemají být odlepťána, překryjeme lakem (získáme jej rozpuštěním asfaltu v ben-

zolu). Po zaschnutí vložíme destičku do zředěné kyseliny dusičné (technická kyselina dusičná ředěná asi na 50 % vodou, ale pozor: do vody lejeme opatrně a pomalu kyselinu, ne naopak). Celou operaci děláme venku, protože při odlepování se tvoří škodlivé plyny. Odlepování trvá dvě až tři minuty. Po důkladném opláchnutí smyjeme krycí lak benzolem, měděnou fólii vyleštíme a potřeme kaštanou rozpuštěnou v lihu. Po vyvrtání otvorů můžeme již pájet součástky.

Víceúčelový regulátor teploty se zvukovou signalizací

Přístroj (obr. 47) se dá použít tam, kde teplota nesmí stoupat nad určitou hranici. Jakmile teplota dosáhne předem stanoveného bodu, přístroj zapne nebo vypne příslušné servozařízení, které teplotu znova uvede na stanovený stupeň. Dokud se nedosáhne tohoto stavu, slyšíme z reproduktoru varovný signál. Nastavitelná oblast je 15 až 70 °C s přesností 0,5 °C. Přístroj se hodí např. k hlídání teploty vzduchu, aby teplota nestoupla nad určitou hranici, běžícího elektromotoru, aby nepřekročil např. 70 °C, atd. Jakmile je odstraněn kritický stav, nastane klidová poloha a přístroj znova zapne zařízení, které předtím vypnul. Přístroj tedy reguluje v určitém malém rozmezí, které závisí na typu termistoru a na jeho tepelné sevračnosti. Nedovede však signalizovat stav, klesne-li teplota, např. pro poruchu topného zařízení. K tomu je třeba druhého přístroje, kde termistor je ve větší větví můstku.

V přístroji použijeme tyčinkový termistor, který je běžně k dostání (odpor asi 500Ω). Regulátor je napájen z baterie 6 V. Z měniče přivádíme na můstek střídavé napětí a tím dosáhneme velmi přesných parametrů. Transformátor T_r je vinut na feritovém jádře nejmenšího typu: vinutí I má 700 závitů, vinutí II 300 a vinutí III 200 závitů drátu o $\varnothing 0,05$ mm. V jedné větvi můstku je termistor, na protější straně je regulační potenciometr. Jeho stupnice zkusmo ocejchujeme v teplotních údajích a tak na-



Obr. 47

stavíme i potřebnou teplotu. Překročí-li teplota nastavenou hodnotu, poruší se rovnováha můstku a T_4 dostává přes zesilovač na bázi signál, který ho otevře: z reproduktoru zazní varovný tón a polarizované relé Rl přitáhne a sepne nebo rozepne příslušné servozařízení. Odpory označené hvězdičkou je třeba v přístroji nastavit podle parametrů použitých tranzistorů. Kdyby tón reproduktoru byl slabý, bude třeba jej zapojit přes miniaturní výstupní transformátor, jaké se používají v tranzistorových přijímačích.

Použitá literatura

- [1] Tölke: Makrofoto – makrofilm. Fotokinoverlag Leipzig, 1965.
- [2] Louda: Fotonky a optika, AR 6/65.
- [3] Expozimetr ke zvětšováku, AR 2/58.
- [4] Tomášek: Expozimetr s fotooodporom, Čs. fotografie 10–11/65.

[5] Vocíkka: Fotoodpor jako jednoduchý pozitivní expozimetr, AR 4/66.

[6] Krch: Měří malých stejnosměrných napětí a proudů, AR 5/65.

[7] Vepřek: Termistory, SNTL 1965.

[8] Schmidt-Kužma: Termistory, Państwowe Wydawnictwa Techniczne, Warszawa, maďarský překlad: Müszaki Könyvkiadó, Budapest 1964.

[9] Koudela: Plošné spoje, SNTL 1966.

[10] Janda-Dufek: Elektronický časový spínač Expomat (Stavební návod č. 19) Pražský obchod potřebami pro domácnost

Další literatura

- Jiráček: Ostrost a osvit fotografického obrazu, Orbis 1965.
- Richter: Praktische elektronik, Stuttgart, maďarský překlad: Elektronika mindenkinet, Müszaki Könyvkiadó, Budapest 1961.
- Křivánek: Barevná fotografie, Orbis 1962.



Inž. J. Tomáš Hyun

Během posledních několika let se průmyslu podařilo vystupňovat citlivost fotografického materiálu na světlo a vyvinout objektivy s velkou světelností. I při nejcitlivějších filmech a objektivech s velkou světelností je však mnoho snímků, které je možno pořídit jen s umělým zdrojem světla. Jedním takovým zdrojem je elektronický blesk.

Elektronický blesk (dále jen blesk) prošel několikaletým vývojem. Připomeňme si jen desáté číslo Radiového konstruktéra Svazarmu z r. 1955, v němž jsme se pokusili seznámit čtenáře v širším měřítku s koncepcí tehdejších zařízení. Jak dalece je dnešní moderní koncepce odlišná, to vyplýne z dalších kapitol.

Vznik blesku otevřel mnoho nových perspektiv pro černobílou a barevnou

fotografii, pro tisk, zpravodajství, kriminalistiku, techniku, lékařství a jiné vědní obory, a to nejen v běžném použití, ale i v makro- nebo mikrofotografii.

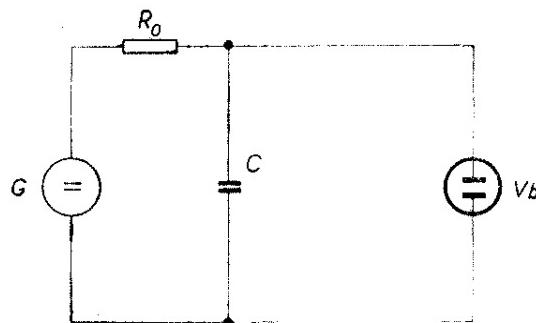
Přestože se u nás vyrábí a prodává několik typů blesků (družstva Mechanika, Drapol), dokonce i v tranzistorové verzi, zájem fotoamatérů o amatérskou stavbu je stále značný. Svědčí o tom nejen množství dopisů, které redakce AR a RK dostává, ale především zvýšený zájem o ta čísla AR, v nichž se objeví nějaký návod nebo popis blesku. Úkolem této části RK je přinést přehled o současném stavu vývoje blesku, jeho principu a návod na stavbu jednoduchého bleskového zařízení.

Na jedno však nesmíme zapomínat: blesk může být příčinou úrazu elektrickým proudem! Úraz může způsobit sí-

tový proud (u výbojkových blesků připojených na síť) nebo elektrický náboj nashromážděný v kondenzátoru (u všech typů výbojkových blesků).

Princip elektronického blesku

Elektronický blesk se skládá z výbojky V_b , kondenzátoru C a generátoru stejnosměrného napětí G (obr. 1). Kondenzátor C se nabíjí z generátoru přes ochranný odpor R_o . Dostoupí-li stejnosměrné napětí na kondenzátoru velikosti shodné se zápalným napětím výbojky (dvouelektrodové), nastane ionizace plynové

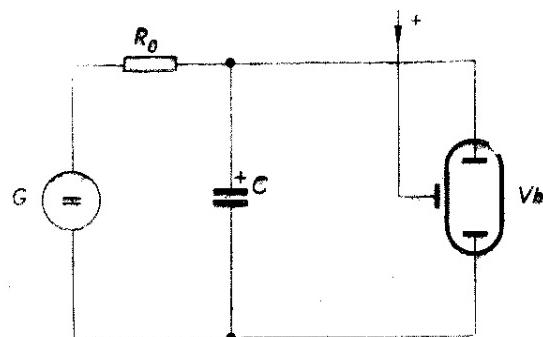


Obr. 1

náplně výbojky. Tím klesne její vnitřní odpor na několik málo ohmů (3 až 15), takže potenciální rozdíl napětí na kondenzátoru se může vyrovnat přes výbojku; toto vyrovnání je provázeno jejím oslnivým zábleskem.

Kapacita kondenzátoru určuje množství energie, kterou výbojka vyzáří, a také dobu výboje, tzv. „hoření“.

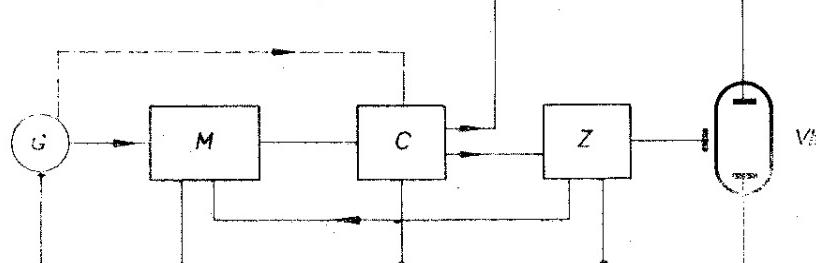
Pokud by výbojka byla připojena ke zdroji stejnosměrného napětí bez ochranného odporu R_o , nastal by trvalý výboj, který by výbojku zničil. To však platí jen



Obr. 2

za předpokladu, že zdroj G je schopen dodávat stejnosměrné napětí rovné zápalnému napětí výbojky a proud odpovídající střednímu odběru při hoření výbojky – tedy při použití „tvrdého“ zdroje, kdy by navíc odpadl i kondenzátor C . Při omezení výbojového proudu na určitou velikost – sériovým zařazením odporu R_o mezi zdroj a výbojku – nastal by opět trvalý výboj, avšak o malé intenzitě. Navíc by odpadla výhoda mžikového osvětlení. Proto se toto zapojení nepoužívá.

Další nevýhodou dvouelektrodové výbojky je, že provozní napětí musí mít stejnou velikost jako ionizační, tj. asi 5 kV. Proto byla vyvinuta výbojka se třemi elektrodami, u níž vystačíme s daleko nižším provozním napětím, než je ionizační napětí. Zapojení tříelektrodové výbojky je na obr. 2. První dvě elektrody výbojky zachovávají svou funkci, třetí slouží k zapálení. Tato tzv. zapalovací (ionizační) elektroda je umístěna vně výbojkové trubice, obvykle ve tvaru drátěné spirály, popřípadě kovového povlaku částečně pokrývajícího trubici. Po přiložení provozního napětí nemůže vzniknout výboj vlivem velkého vnitřního odporu plynové náplně



Obr. 3

výbojky. Teprve po přivedení vysokonapěťového impulu (několik kV) na zapalovací elektrodu dochází k ionizaci plynové náplně, a tím k vyrovnání náboje kondenzátoru C což se projeví oslnivým zábleskem.

Součásti elektronického blesku

Na obr. 3 je blokové schéma elektronického blesku. Skládá se z několika částí a obvodů:

- G** — zdroje stejnosměrného napětí (obvykle 2 až 9 V),
- M** — měniče (vibrátorového nebo tranzistorového) včetně transformátoru a usměrňovače (u starších zapojení jej někdy nahrazoval vibrátor),
- C** — kondenzátoru,
- Z** — zapalovacího obvodu s indikátorem, popřípadě s automatickou vypínáním,
- Vb** — výbojky.

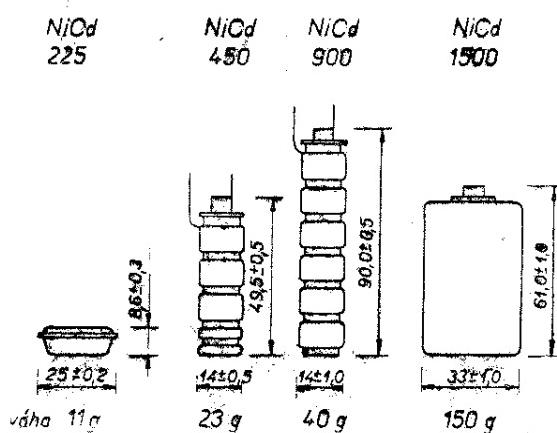
Zdroj stejnosměrného napětí

Nejčastěji používaným zdrojem elektrické energie byl akumulátor, zpočátku olověný, později oceloniklový (NIFE – označovaný také jako alkalický). V amatérských konstrukcích jsme se setkali i s akumulátorem stříbrozinkovým. Výhodou olověného akumulátoru byl jeho malý vnitřní odpor, který ani při značném odběru proudu nezpůsoboval nežádoucí úbytek napětí a tím i prodloužení nabíjecí doby kondenzátoru. Jeho nevýhodou byla značná váha a nutnost pravidelné obsluhy (dobíjení) i tehdy, nebylo-li zařízení v provozu. Poněkud lepší vlastnosti měl výrobek firmy Sonnenschein, určený speciálně pro blesky. Byl to tzv. baryxový akumulátor, který obsahoval přísadu baria a měl větší životnost. Oceloniklový akumulátor sice nevyžaduje pravidelnou obsluhu, jeho jednotlivé články však mají nižší napětí ve srovnání s akumulátorem olověným

(1,2 V – NIFE; 2,0 V – Pb). Jeho vnitřní odpor je však větší a jeho kapacita (při stejném objemu jako u olověného) menší. Mnohem lepší výsledky vykazují blesky se stříbrozinkovými akumulátory; jsou lehčí, články mají menší vnitřní odpor, výhodnější rozměry i kapacitu. Bohužel však schopnost jejich opětného použití po dobíjení je malá – asi 50 cyklů. Je také třeba proces nabíjení trvale sledovat a dodržovat předepsaný nabíjecí proud.

V moderních konstrukcích elektronických blesků se používají moderní nikladmiové akumulátory (Leclanche, DEAC), které při malých rozměrech poskytují potřebné napětí a proud, popřípadě suché baterie (tzv. „ploché“, které jsou téměř všude k dostání, nebo kulaté monočlánky). Použití suchých baterií umožnila tranzistorizace blesků, z níž vyplynula větší účinnost celého zařízení, které životnost těchto chemických zdrojů elektrické energie vyhovuje.

Pokud hovoříme o suchých bateriích, je třeba dodat, že svého času se používaly i suché „vysokovoltové“ baterie (o napětí 300 až 2000 V), které pouhým připojením, popřípadě galvanickým spojením s kondenzátorem C předávaly potřebnou energii k výboji. U nás známe dva výrobky konstruované pro baterie tohoto typu. Je to sovětský blesk „Molnija“ a západoněmecký „Ikotron“. U těchto konstrukcí samozřejmě odpadá člen M podle blokového schématu na obr. 3.



Obr. 4

Při návrhu konstrukce blesku vycházíme ze zvoleného množství energie P_s , které obvykle udáváme ve wattsekundách (Ws) nebo Joulech (J) a z počtu požadovaných záblesků (k) na jedno nabítí akumulátoru nebo na jednu náplň. Energie blesku (pro každý záblesk) se pohybuje u běžných výrobků mezi 30 až 100 Ws; počet záblesků je minimálně 30. Z těchto údajů vypočítáme potřebnou kapacitu zdroje stejnosměrného napětí podle empirického vztahu:

$$C_p = \frac{k \cdot P_s}{\eta \cdot 3600 \cdot U_1} \quad [\text{Ah}; c, \text{Ws}, \text{V}] \quad (1)$$

kde C_p = hledaná kapacita zdroje v ampérhodinách (Ah),

k = počet požadovaných záblesků (30 ÷ 150),

P_s = energie bleskového zařízení ($P_s = 30 \div 100 \text{ Ws}$),

η = účinnost zařízení ($\eta = 0,2$ pro měnič s vibrátorem a 0,4 pro měnič s tranzistory),

3600 = převodní konstanta jmenovatele, (60s · 60 min.)

U_1 = napětí zdroje (baterie) ve voltech.

Protože v běžné praxi přicházejí dnes v úvahu pro konstrukce blesků jen niklakadmiové akumulátory, popřípadě sušé baterie, zmíním se o nich podrobněji.

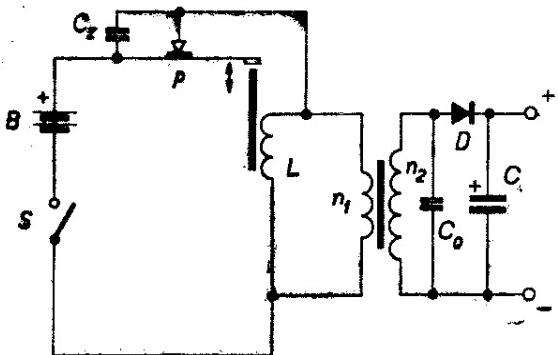
V současné době vyrábí n. p. Bateria Slaný čtyři typy plynотěsných akumulátorů, jejichž rozměry jsou na obr. 4. Nejvhodnější pro blesková zařízení je druhý a čtvrtý typ (NiCd 450 a NiCd 1500), které podle potřeby řadíme do série, paralelně, popřípadě sérioparalelně. Vlastnosti všech čtyř akumulátorů jsou v tabulce 1.

Výhodou těchto akumulátorů je, že nevyžadují údržbu. Nedoplňují se elektrolytem, ani se nekontroluje jejich stav. Je jen třeba při nabíjení dbát na správné půlování a nabíjet předepsaným proudem. Rozsah teplot, při nichž mají akumulátory pracovat, je v rozmezí -25 °C až +40 °C, přičemž je třeba počítat s poklesem kapacity při nízkých teplotách. Např. při -25 °C poskytují akumulátory jen 40 % jmenovité kapacity. (Jmenovitou kapacitou se rozumí součin vybíjecího konstantního proudu s počtem hodin, za které poklesne napětí na 1,1 V na článek). Nevýhodou vlastnosti je pokles životnosti a kapacity akumulátoru při vybíjení pod napětí 1,1 V na článek. Proto je třeba se nadměrného vybití vyvarovat. Protože průběh vybíjecí křivky NiCd akumulátorů je poměrně plochý, je stanovení konečného napětí 1,1 V dost problematické. Proto se doporučuje zjistit u elektronického blesku únosný počet záblesků opakováním „odpálením“ při současném měření napětí na akumulátoru až do poklesu těsně pod 1,1 V na článek. Zjištěný počet slouží jako vodítko k určení, kdy jsou akumulátory vybiti. Vybití akumulátoru prozradí také neúměrně proloužená nabíjecí doba kondenzátoru C .

Současně je třeba upozornit na nutnost nabíjet články předepsaným proudem (tab. 1), který nesmí být překračován. Příliš velký proud může vyvolat uvnitř hermetického pouzdra vývin plynu, který tlakem deformuje článek. Vybíjecí proud není stanoven na určitou hodnotu. Je jen třeba mít na paměti, že při velikém vybíjecím proudu (kolem 1 A, což je velikost proudu odebíraného u běžného blesku) se značně snižuje kapacita

Tabulka 1

Typ	Jmen. napětí [V]	Kapacita [Ah]	Vratnost cyklů	Nabíj. proud [μA]	Konečné napětí [V]	Nab. čas [hod.]	Napětí čl. po vybití [V]
NiCd 225	1,2	0,225	60	22,5	1,5	16	1,1
NiCd 450	1,2	0,450	100	45,-	1,5	16	1,1
NiCd 900	1,2	0,900	100	90,-	1,5	16	1,1
NiCd 1500	1,2	1,500	100	150,-	1,5	16	1,1



Obr. 5

každého článku. Snížení představuje např. u nejmenšího typu NiCd 225 až 30 % jmenovité kapacity, u typu NiCd 1500 asi 40 %. Proto se typy s nejmenší kapacitou používají u blesků s minimální výbojovou energií (např. Braun FX 60 o energii 25 Ws a zaručeném počtu 40 záblesků používá jako zdroj napětí pět článků NiCd 225 zapojených v sérii).

Je samozřejmé, že pořizovací cena nikl-kadmiových akumulátorů je vyšší než cena suchých baterií. Někteří konstruktéři dávají proto přednost bateriím, které se však nedají mnohokrát dobíjet [6]. Z běžných typů jsou nevhodnější ploché baterie, které se v praxi osvědčily (co do životnosti) lépe než tzv. monočlánky, i když mají nižší kapacitu. Z hlediska provozních nákladů je levnější jedna náplň ze dvou plochých baterií než náplň ze čtyř až šesti monočlánků. K napájení blesků jsou však výhodnější typy B 310 nebo B 324 (tzv. „modré“), které mají menší vnitřní odpor než typ B 313 (tzv. „zelené“). To platí i o monočlánkách, které se vyrábějí ve třech typech. Nejhodnější pro blesky je opět ten druh, který má nejmenší vnitřní odpor (typ B 140 – „modrý“). Hlavní výhodou baterií oproti jiným zdrojům je tedy jejich malá váha a nízká cena. Jedna náplň stačí průměrně na 40 až 100 záblesků, což ovšem záleží na druhu blesku a jeho účinnosti.

Měniče

V úvodu jsme si řekli, že záblesku dosahujeme vybitím náboje nashromážděného v kondenzátoru po ionizaci náplně výbojky. Provozní napětí výbojek se však

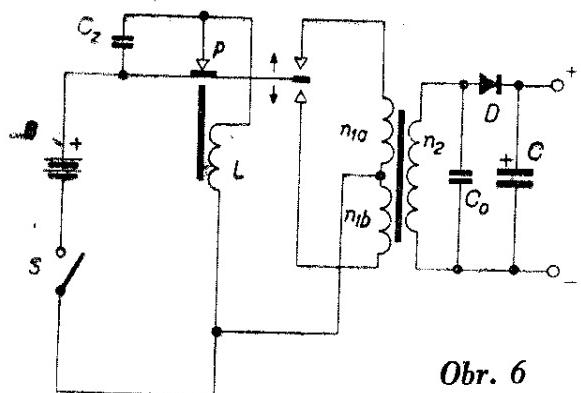
pohybuje podle druhu a typu od 200 V do 4000 V, zatímco napětí běžného akumulátoru nebo baterie je asi padesátkrát až dvacetkrát menší. Proto musíme toto nízké napětí transformovat, tj. přeměnit na potřebnou velikost. Transformovat však můžeme jen střídavé napětí. Znamená to tedy přeměnit nejprve stejnosměrné napětí na střídavé, transformovat je na potřebnou velikost a v dalším členu – usměrňovači – je opět převést na stejnosměrné (jímž se nabíjí kondenzátor blesku).

Zařízení k přeměně stejnosměrného napětí zdroje na potřebnou velikost označujeme názvem měnič. V zásadě existují tři hlavní typy měničů:

1. rotační měniče,
2. vibrační elektromechanické měniče, tzv. vibrátory,
3. tranzistorové měniče.

Pro elektronický blesk nepřichází v úvahu první typ, protože má nízkou účinnost. Vibrátor byl svého času hlavní součástí tehdejších blesků; mnohdy byl dokonce využíván i k usměrňování přetransformovaného primárního napětí baterie. Protože se s ním však setkáme ještě i dnes u některých částečně tranzistorizovaných blesků (v obvodech automatiky), zmíním se stručně o jeho funkci.

Základní zapojení vibrátoru je na obr. 5. Skládá se z cívky L a chvějky s přerušovacím kontaktem p . Po sepnutí spínače S prochází proud cívkou, v jejímž železném jádru vznikne elektromagnetické pole a způsobí přitažení chvějky, tj. rozpojení kontaktu p . V tom okamžiku je proud přerušen, pole zaniká a chvějka se vlastní pružností vrací do původní polohy. Tento děj se opakuje rychlostí danou vlastnostmi chvějky, kontaktu apod. Protože však k cívce L je paralelně připojeno primární vinutí n_1 převodního transformátoru, přerušuje kmitání chvějky i proud, který vinutím prochází. Tím se dosahuje potřebného přerušovaného průběhu. Na sekundárním vinutí n_2 vzniká elektromagnetickou indukcí střídavé napětí potřebné velikosti (dané přibližně převodem, tj. poměrem primárních a sekundárních závitů). Toto napětí se odebírá za usměrňovačem D a nabíjí kondenzátor C . Kondenzátor C_z omezuje



Obr. 6

jiskření přerušovacího kontaktu a brání tím jeho opakování, kondenzátor C_o odřezává vysokonapěťové špičky na sekundární straně transformátoru – chrání jej před proražením.

Na obr. 6 je zapojení dvoucestného vibrátoru, který má lepší účinnost, vyžaduje však dělené primární vinutí transformátoru. Podrobnější informace o vibrátorech, návrhu a výpočtu transformátoru najde zájemce v [4].

S rozvojem polovodičů vznikl třetí typ měniče – tranzistorový, který nahradil méně spolehlivé měniče elektromechanické. Jeho hlavní výhoda spočívá v tom, že u něj nedochází k opakování nebo „spékání“ kontaktů, protože tranzistory ve vhodném zapojení mohou pracovat jako bezkontaktní spínače. Polovodičové měniče mají dlouhou životnost a jsou velmi spolehlivé, neboť nemají žádné po-

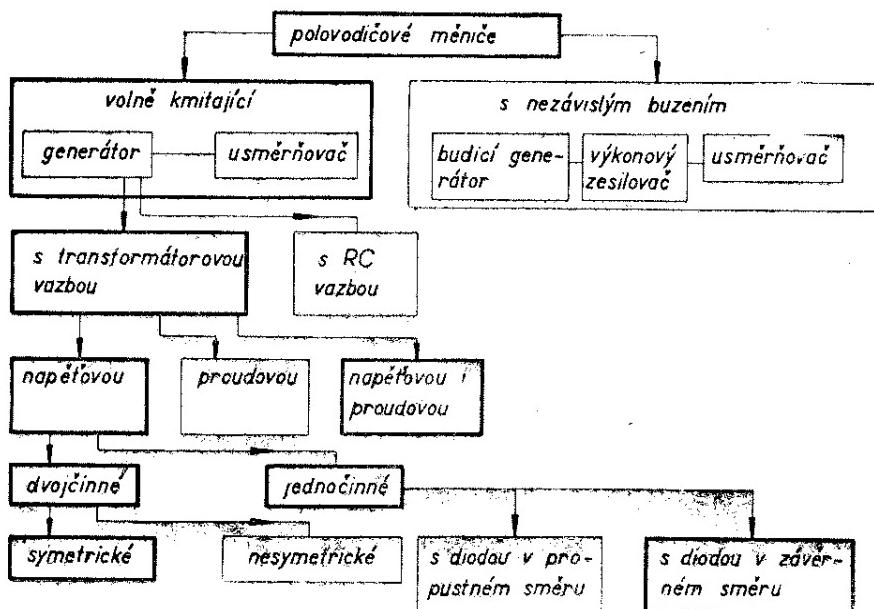
hyblivé součástky. Také jejich váha a rozměry jsou malé, zvláště jsou-li postaveny z miniaturních součástek. I transformátor může mít malé rozměry, protože je určen pro vyšší kmitočet střídavého napětí (200 Hz až 6 kHz) než u vibrátoru (50 Hz až 200 Hz). K usměrňování střídavého napětí se u tranzistorových měničů používají výhradně polovodičové diody, které nezabírají příliš mnoho místa v konstrukci blesku. Polovodičové měniče jsou nehlubčné a stabilní i při otřesech nebo vibracích. Účinnost těchto měničů je poměrně velká – pohybuje se mezi 60 až 90 % – tedy mnohem větší než u vibrátorových měničů.

Měnič obsahuje tři základní části: střídač neboli transvertor, transformátor a usměrňovač. K transformátoru a usměrňovači se ještě vrátíme.

Rozdíly v zapojení tranzistorových měničů jsou způsobeny vlastnostmi základního prvku měniče – tranzistorového generátoru. Z tohoto hlediska se měniče dělí:

1. podle způsobu zapojení tranzistoru (tranzistory v měničích jsou zapojovány se společným emitorem nebo se společným kolektorem, popřípadě se společnou bází. Nejčastější je první zapojení.)

2. podle způsobu buzení (jako volně kmitající měniče nebo jako měniče s nezávislým buzením, což jsou dvoustupňové měniče složené z generátoru a výkonového zesilovače).



Obr. 7

3. podle druhu zpětné vazby (zpětná vazba generátorů bývá nejčastěji transformátorová, a to napěťová nebo proudová, popřípadě kombinovaná, tj. napěťová i proudová. Někdy se používá generátor s kladnou vazbou – multivibrátor *RC*).

4. podle tvaru kmitů dělíme generátory na oscilátory, tj. generátory sinusových kmitů a relaxační oscilátory obdélníkových, popř. pilovitých kmitů.

5. podle činnosti (na jednočinné a dvojčinné; dvojčinná zapojení mohou být symetrická nebo nesymetrická. Jednočinná zapojení se realizují s usměrňovací diodou zapojenou k výstupnímu vinutí transformátoru v propustném nebo závěrném směru).

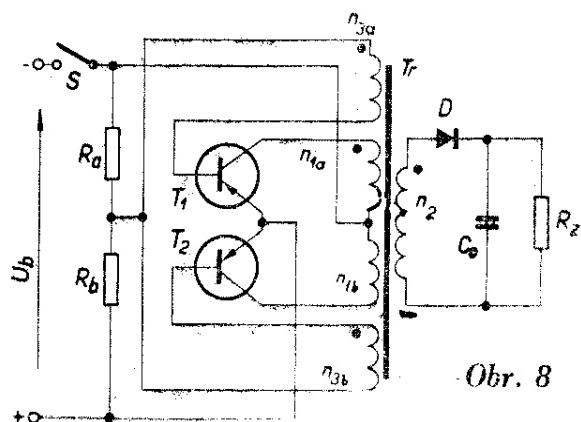
Na obr. 7 je přehled polovodičových měničů, navazujících na toto dělení. Bez ohledu na různá zapojení měničů vyplývá jejich činnost ze stejných teoretických základů, které si nejlépe objasníme na nej- obecnějším zapojení měniče (volně kmitajícího, symetrického, dvojčinného, s napěťovou zpětnou vazbou, osazeného tranzistory v zapojení se společným emitorrem). Schéma je na obr. 8. V dále popsaných ukázkách komerčních konstrukcí elektronických blesků bude vždy upozornění, o jaký druh měniče jde. Z přehledu na obr. 7 jsou pro konstrukce blesků nejvíce používána zapojení označená výrazným orámováním.

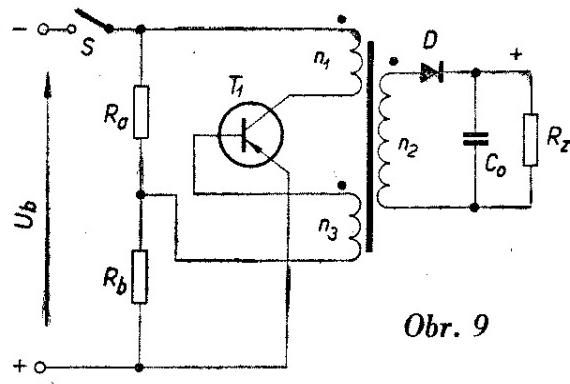
A nyní k základnímu zapojení dvojčinného měniče. Skládá se z tranzistorů T_1 a T_2 , transformátoru Tr a usměrňovače D . Na vstupu je dělič napětí složený ze dvou odporů, z nichž první (R_a) mívá několikrátě větší hodnotu než druhý (R_b). Z jejich společného bodu se odebírá předpětí pro báze obou tranzistorů. Transformátor má tři vinutí: primární (n_1), zpětnovazební (n_3) a sekundární (n_2), která jsou někdy označována jako vinutí kolektorové (n_1), výstupní (n_2) a bázové (n_3). Jako usměrňovač se používá jedna dioda, dvě ve funkci „zdvojovače“ nebo čtyři v můstkovém zapojení.

Měnič pracuje takto: po sepnutí spínače S protéká proud z baterie odpory R_a a R_b a vytvoří v jejich společném bodě záporné napětí (vůči emitorům). V tomto stavu jsou oba tranzistory otevřeny; vlivem tolerancí jejich parametrů a ne-

zcela shodného odporu primárních a zpětnovazebních vinutí ($R_{n1a} \neq R_{n1b}$, $R_{n3a} \neq R_{n3b}$) je proud jednoho tranzistoru větší než proud druhého. Rozdíl kolektorových proudů vyvolává určitý magnetický tok v jádru transformátoru a jeho účinkem se současně indukuje napětí do odboček zpětnovazebního vinutí. Na bázi jednoho tranzistoru je tak přiváděno napětí záporné vůči emitoru, na bázi druhého kladné. Jsou-li zpětnovazební vinutí zapojena tak, že zvětšující se záporné napětí je právě v tom tranzistoru, jehož kolektorový proud je větší, otvírá se tento tranzistor stále více, zatímco druhý se zavírá. Nakonec se první tranzistor úplně otevře a druhý úplně zavře. Je-li tedy jeden tranzistor úplně otevřený – např. T_1 , je na vinutí n_{1a} téměř celé napětí baterie U_b (až na zbytková napětí na tranzistoru).

Po dobu otvírání vznikal tedy v jádru transformátoru magnetický tok, jehož velikost byla úměrná rozdílu protékajících kolektorových proudů. A protože napětí baterie U_b je téměř stálé, je růst magnetického toku s časem lineární (za předpokladu, že pracujeme v lineární části magnetizační křivky). Maximální magnetický tok je tedy dán největším možným proudem kolektoru použitého tranzistoru. Po dosažení této hodnoty se vzrůst proudu zastaví. Tím dochází ke „zhroucení“ magnetického pole v jádru transformátoru, které způsobí pokles proudu báze a tím i kolektorového proudu. Nastává okamžik „překlopení“. V obou vinutích bází se znova začne indukovat napětí, avšak opačné polarity, takže první tranzistor se nyní uzavře, zatímco druhý se otevře.





Obr. 9

Vede-li druhý tranzistor, mění se směr magnetického toku v jádru a proud procházející druhou částí primárního vinutí (n_{1b}) má opačný směr. Jakmile kolektorový proud dosáhne mezní hodnoty a jádro se nasytí, tranzistory znova překlopí. Při překlápění se tedy přivádí na primární vinutí střídavě napětí baterie, které je transformováno v poměru daném převodem Tr . Po usměrnění usměrňovačem D a filtraci kondenzátorem C_0 se přivádí ke spotřebiči (v obr. 8 zatěžovací odpor R_z).

Cinnost měniče tedy spočívá v pravidelném překlápění tranzistorů, které se děje samočinně. Počátek překlopení je dán okamžikem nasycení jádra transformátoru (překlopení však může nastat i tehdy, je-li dosaženo maximálního proudu kolektoru před nasycením jádra. V tomto případě však bude cinnost měniče neekonomická [26]).

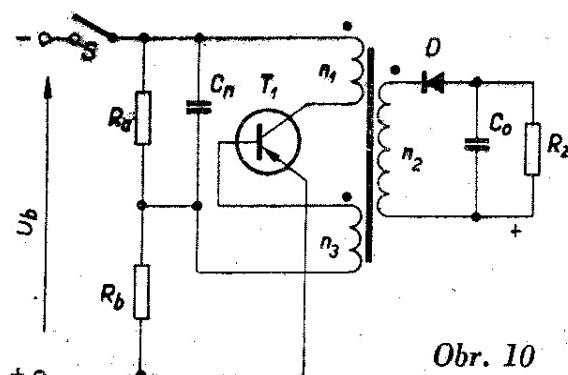
Nejběžnější zapojení tranzistorového měniče je na obr. 9 a 10. Je to zapojení jednočinné, tj. takové, které používá jako elektronický přepínač jen jeden tranzistor. Cinnost těchto měničů je v zásadě stejná, jak jsme si již vysvětlili. Jak je z obou zapojení zřejmé, liší se jen zapojením diody. Na obr. 9 je půlována v závěrném směru. To znamená, že je vodivá v té půlvlně cyklu, kdy je tranzistor uzavřen (energie odebíraná z baterie se hromadí v magnetickém poli transformátoru při vodivém tranzistoru T_1 a je-li T_1 uzavřen, předává se energie zatěži). Je-li tedy tranzistor ve vodivém stavu, magnetizační proud roste od nuly do hodnoty rovné maximálnímu proudu kolektoru. Tato hodnota je omezena jen charakteristikou tranzistoru a parametry zpětnovazebního obvodu; nezávisí na zatěži.

Maximální hodnota napětí kolektoru je naproti tomu úměrná zatěžovacímu odporu. To znamená, že při chodu na prázdro může vzrůst až za hranici dovolené mezní hodnoty daného tranzistoru. Toto nebezpečí však poněkud omezuje vnitřní kapacita tranzistoru a kapacita vinutí.

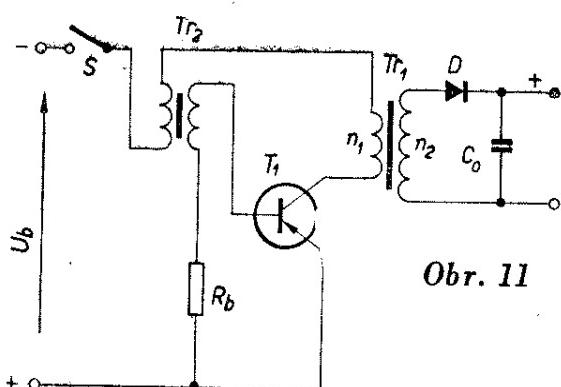
Maximální hodnota výstupního napětí je úměrná odporu zátěže a nezávisí na poměru závitů n_2/n_1 . Tento poměr se volí tak, aby napětí kolektoru nepřevýšilo maximální dovolenou hodnotu napětí použitého tranzistoru.

Transformátor tohoto jednočinného měniče pracuje s tzv. podmagnetizací, což vyžaduje vzduchovou mezera mezi plechy asi 0,3 mm. Je také třeba použít pro přenos stejného výkonu rozměrnější jádro, než by vyhovělo u dvoučinného měniče. Největší spotřeba (příkon) je při nejmenší zatěži. Se zvětšující se zatěží se příkon zmenšuje při současném poklesu přepínacího kmitočtu. Vlastnosti tohoto měniče vyhovují do jisté míry pro elektronický blesk, jehož sběrací kondenzátor C představuje v nenabitém stavu největší a v nabitém nejmenší zatěž, tj. nejprve malý a pak velký zatěžovací odpor R_z .

Na obr. 10 je zapojení jednočinného měniče s usměrňovací diodou v propustném směru. Toto zapojení vznikne z předcházejícího přeplovováním diody D nebo prohozením vývodů sekundárního vinutí n_2 . Aby nedošlo k záměně, jsou na obou schématech označeny začátky vinutí tečkou. Vzhledem k zapojení diody je v tomto případě energie předávána v té části cyklu, kdy je tranzistor T_1 vodivý. V této části cyklu se tedy pracovní režim neliší od činnosti dvoučinného měniče. Tvar proudu kolektoru je téměř obdélní-



Obr. 10



Obr. 11

kový a velikost výkonu přenášeného tímto měničem je přibližně dvojnásobná proti zapojení s diodou v závěrném směru. Mezi výstupním napětím a kolektorovým proudem však neplatí závislost z předcházejícího zapojení. Při přerušení kolektorového proudu (tj. při přepnutí do uzavřeného stavu T_1) však vzniká značné přepětí na n_2 (napěťová špička), které může prorazit usměrňovací diodu D , popřípadě poškodit tranzistor. Proto vyžaduje toto zapojení usměrňovací diodu s vyšším závěrným (inverzním) napětím než v předcházejícím případě, i když výstupní napětí (konečné) na kondenzátoru C_o má stejnou velikost. Proto se kolektorové vinutí přemostuje ochranným kondenzátorem C_n (300 až 5000 pF), který však současně zmenšuje účinnost měniče. Zvlášť vysoká přepětí vznikají u měniče při chodu naprázdno. Proto nemá být takový měnič zkoušen při chodu naprázdno bez omezujícího kondenzátoru C_o (asi 10 000 pF), který – u měničů napájejících blesky – nahrazuje sběrací kondenzátor C .

Z tohoto výkladu vyplývá, že pro konstrukce blesků je lepší zapojení s diodou v závěrném směru. Jeho výhodou je mimo jiné i vyšší rychlosť nabíjení sběracího kondenzátoru C o poměrně značné kapacitě.

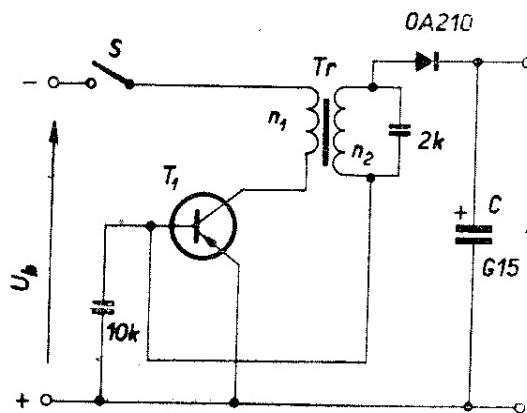
Někdy se také používá měnič s proudovým zpětnovazebním transformátorem (obr. 11). Takový měnič má dva transformátory: hlavní Tr_1 a pomocný Tr_2 , sloužící k zavedení zpětné vazby. Napětí baterie U_b se za provozu dělí mezi sériově zapojená primární vinutí obou transformátorů. Čím více je zatížen hlavní transformátor (na počátku nabíjení konden-

zátoru C_o), tím menší podíl napětí připadá na jeho primární vinutí a tím větší zbývá na primární vinutí pomocného transformátoru Tr_2 . Proto se za tohoto stavu zesílí zpětná vazba, tranzistor T_1 je více otevřán, takže jeho kolektorový proud vzroste a nabíjení postupuje rychleji. Naopak při nabitém kondenzátoru C_o je zátěž transformátoru Tr_1 minimální, takže podíl vstupního napětí baterie U_b , který na něj připadá, je maximální. Pak je zpětná vazba (a tedy také předpětí báze T_1) zmenšena a tím je současně omezen odběr z baterie. Tento typ měniče používala u svých výrobků např. firma Metz a také naše družstvo Mechanika (elektronický blesk TR 50).

Velmi zajímavé zapojení měniče je na obr. 12. Jde opět o proudovou zpětnou vazbu, tentokrát však při použití jen jednoho transformátoru. Jeho činnost je podobná jako v předcházejícím případě a vysvětlíme si ji podrobněji na ukázce komerčního zapojení s automatickou.

Transformátor

S přechodem z vibračního měniče na tranzistorový bylo možno přikročit k používání rozměrově malých transformátorů. Umožnil to vyšší přepínací kmitočet (kolem 2 kHz). Proto se používají jádra typu M42 (s průřezem středního sloupku $S = 1,4 \text{ cm}^2$) z železných, permaloyových plechů nebo feritová. Praxe ukázala, že blesky pro amatérské použití vystačí s energií 30 až 50 Ws. Při použití jednočinného měniče (který je mezi amatéry pro značnou jednoduchost



Obr. 12

velmi oblíben) nabijeme sběrací kondenzátor C z běžných elektrochemických zdrojů (např. čtyř monočlánků) v čase pohybujícím se kolem dvaceti vteřin. Přitom pro přenos potřebného výkonu vyhoví výkonový tranzistor o max. ztrátě 3 až 4 W (např. OC30, OC836, TF80, GD120 ap.) a miniaturní transformátor o průřezu středního sloupku $S = 25 \text{ mm}^2$.

V prodejně „Radioamatér“ (Praha 2, Žitná ul.) jsou ve výprodeji budicí a výstupní transformátory z různých tranzistorových přijímačů nebo magnetofonů. Pro náš účel si z nich vybereme feritový výstupní transformátor z magnetofonu B4 (2PN65701 za 13,- Kčs) nebo menší, budicí (2PN66607 za 10,- Kčs), které po převinutí můžeme velmi dobře použít.

Někdy se ještě setkáme (v zásobách inkurantního materiálu) s miniaturními transformátorovými jádry z permalloyových plechů. I ty jsou pro náš účel vhodné. Nesmíme však zapomenout, že u jednočinného měniče musí být plechy skládány jedním směrem, tedy tak, aby byla zachována vzduchová mezera bránící přesycení jádra již na začátku funkce měniče. Totéž se týká i skládání železových plechů.

Způsob výpočtu transformátoru neuvádí, neboť by přesáhl rámcem této práce. Zájemce odkazuji na literaturu [26] a [9]. Aby si však zájemce mohl vyzkoušet některé popisované konstrukce, jsou schémata doplněna údaji o počtu závitů a průřezu jádra.

Usměrňovač

Vzhledem k překlápacímu kmitočtu nejsou vhodné selenové usměrňovače, které vykazují (pro kmitočty od 200 Hz výše) značné ztráty. Mnohem lepší jsou polovodičové diody, ať již germaniové (např. sovětské DG-C24, DG-C27, DŽ7) nebo křemíkové (TESLA 45NP75, 46N75, P35NP75, 36NP75 a novější KY705). Při volbě diody však musíme znát její inverzní napětí, které musí být větší než špičkové napětí připadající na ni v daném zapojení. Vždycky raději volíme

typ s větším inverzním (závěrným) napětím, nebo diody zdvojíme (obr. 23).

Závěrné napětí zjišťujeme tak, že zkoušenou diodu připojíme přes sériový ochranný odpor $1 \text{ M}\Omega$ a miliampérmetr ke zdroji stejnosměrného napětí, řiditelného v rozmezí od 400 do 1000 V. Při posuzování je směrodatný bod na charakteristice diody, při němž začne prudce stoupat proud diody po malém zvýšení napětí ze zdroje. Měřicí rozsah miliampérmetru volíme asi 20 mA a diodu zapojíme v závěrném směru ke zdroji (tj. kladným polem na kladný vývod zdroje). Některými diodami začne procházet měřitelný zpětný proud již při podstatně nižším napětí než udává výrobce, ale výrazný ohyb nastává až později [15].

Kondenzátor

Jak již bylo řečeno, vystačíme pro běžné amatérské použití s konstrukcí blesku, který má výbojovou energii 30 až 50 Ws. Podle kapacity kondenzátoru, který máme k dispozici, zjistíme potřebnou velikost nabíjecího napětí, nebo podle jmenovitého napětí vypočítáme potřebnou kapacitu ze vztahu:

$$P = U^2 \cdot 0,5 \cdot C \quad [\text{Ws; kV, } \mu\text{F}] \quad (2)$$

kde P – energie ve Ws,
 U – napětí v kV,
 C – kapacita sběracího kondenzátoru v μF .

Na našem trhu jsou dnes dva typy kondenzátorů určených pro konstrukci blesku: typ WK 70582 o kapacitě $800 \mu\text{F}$ pro napětí 450/500 V a typ WK 70584 o kapacitě $400 \mu\text{F}$ pro napětí 400/500 V. Kromě těchto typů, které jsou však již tvarem zastaralé, vyrábí Tesla Lanškroun kondenzátor TC 509 – $250 \mu\text{F}$ pro napětí 500/550 V a WK 70470 – $150 \mu\text{F}$ pro napětí 450/500 V. Výrobky Tesly Lanškroun mají moderní tvar a průměr základny 36 mm, který již umožňuje konstruovat blesky v plochém, tzv. „knižním“ formátu.

Elektrolytické kondenzátory nejsou bohužel stoprocentně dokonalé. O jejich

nedokonalosti svědčí např. tzv. příčný proud. Je to proud, který protéká svodem (tj. ztrátovým odporem) nabitého kondenzátoru a pomalu jej vybíjí. Příčný proud lze zmenšit na zanedbatelnou míru formováním, tj. dlouhodobým nabíjením postupně se zvětšujícím napětím. Vrstva kysličníků na fólii kondenzátoru se tím do jisté míry regeneruje. Běžné elektrolytické kondenzátory mají příčný proud 2 až 8 mA; jsou formovány již od výrobce. Nejsou-li však déle než tři měsíce v provozu, je třeba je znova formovat. Je to možné i nabíjením přímo z měniče blesku; bude to však stát minimálně jednu náplň baterií. Je-li kondenzátor rádně zformován, zkracuje se i cyklus nabíjení (měnič nemusí dodávat navíc příčný proud, který bývá u nezformovaného elektrolytického kondenzátoru při napětí blízkém jmenovitému někdy až desítky mA!) Máme-li blesk s automatikou, je délka intervalů při vypínání automatiky do jisté míry ukazatelem stavu kondenzátoru.

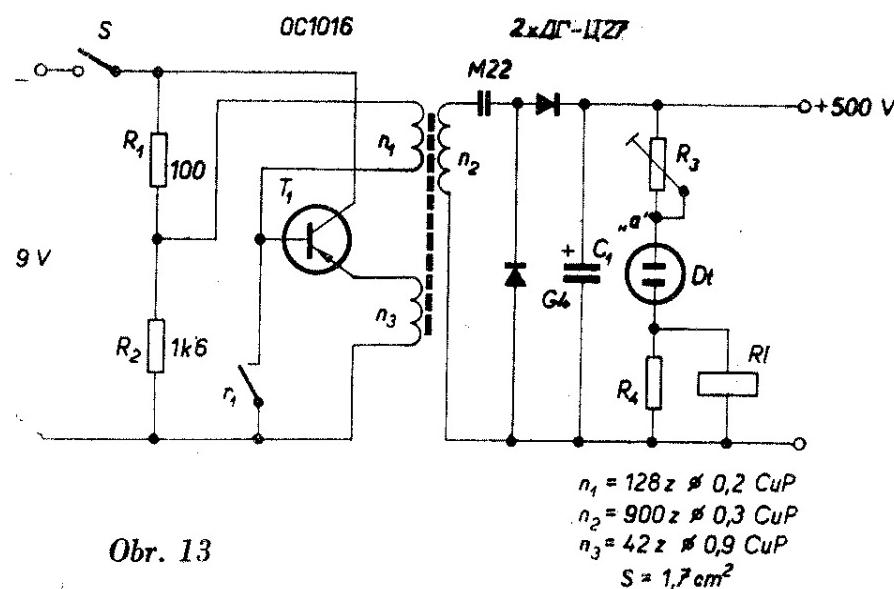
Automatika — ukázky zapojení

V amatérské praxi se pro jednoduchost výroby a snadné uvedení do chodu často používají jednočinné tranzistorové měniče. Konstrukce blesků, které používají takové jednoduché měniče s jedním tranzistorem, vyhovují obvykle svému účelu, z provozního hlediska však nejsou

ekonomické. To proto, že měnič dodává proud do sběracího kondenzátoru C i tehdy, dostoupí-li napětí na jeho svorkách jmenovité velikosti. Protože sběrací kondenzátor tvoří zpravidla elektrolytický kondenzátor, který – není-li zformován – má značné ztráty příčným proudem, jímž se pozvolna vybíjí, nepřestoupí napětí na jeho svorkách jmenovitou velikost. Dobíjecí proud se totiž přibližně rovná příčnému proudu kondenzátoru, který navíc při překročení jmenovitého napětí dále stoupá. Při použití tvrdého zdroje primárního proudu (např. olověného akumulátoru o značné kapacitě v Ah a správně navrženého transformátoru) by hrozilo nebezpečí překročení dovoleného napětí a prorážení kondenzátoru. Pak by bylo bezpodmínečně nutné použít „hlídací“ zařízení, které by vypínaло měnič při dosažení jmenovitého napětí.

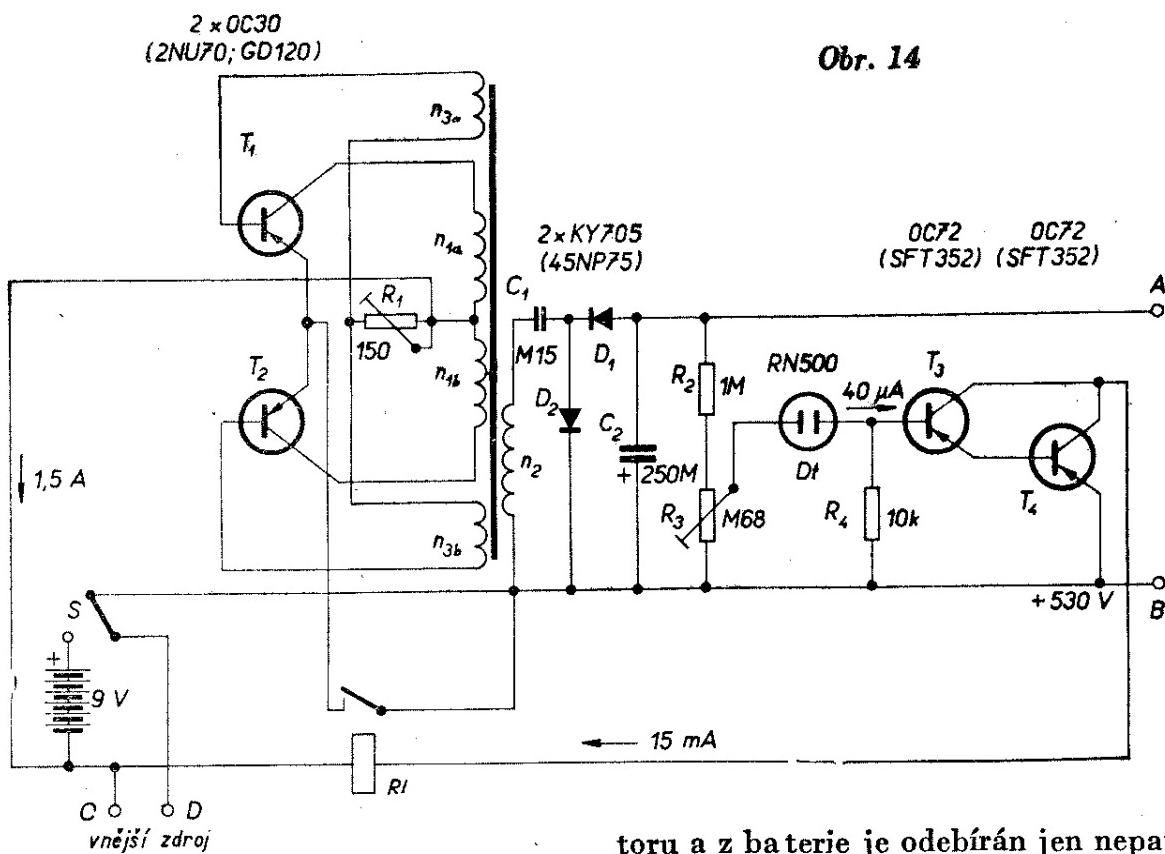
Potřeba takových „hlídacích“, tj. vypínačích obvodů odpadá tam, kde sekundární napětí (usměrněné za měničem) nedosahuje při odpojené zátěži velikosti jmenovitého napětí. A to je mnohdy právě u amatérských konstrukcí s nesprávně navrženým transformátorem nebo diodami s velkým zpětným proudem apod.

Hlavní důvod, proč se však setkáváme u komerčních výrobků s vypínačím obvodem (automatikou), spočívá v hospodárnosti provozu. Pokles náboje na rádně zformovaném sběracím kondenzá-



Obr. 13

Obr. 14

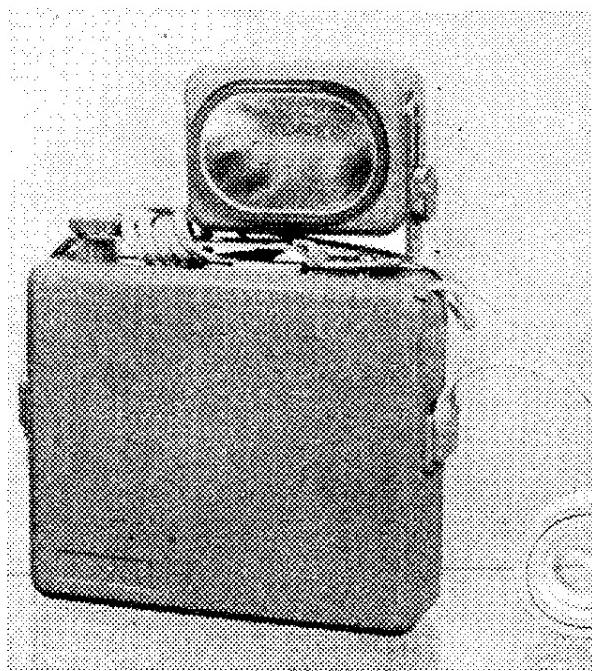


toru C totiž v praxi není tak rychlý, aby se nevyplatilo odlehčení baterií odpojením měniče. Měnič se automaticky opět zapíná při poklesu jmenovitého napětí na sběracím kondenzátoru C asi o 20 V, obvykle z 500 V na 480 V. Vteřiny, kdy z baterií není odebíráno proud, jsou velmi cenné a přispívají k relativnímu prodloužení životnosti a schopnosti provozu blesku s jednou náplní baterií. Přitom samozřejmě vzniká možnost expozece s různou energií výboje ($U_c = 480 \div 500$ V); ta však je zanedbatelná a nemá na dosahované směrné číslo vliv.

Nejjednodušší vypínací obvod je na obr. 13. Skládá se z odporu R_4 , R_3 , neonové doutnavky Dt a relé Rl . Odporovým trimrem R_3 je nastaveno napětí v bodě „a“ na velikost zápalného napětí doutnavky (při dosaženém jmenovitém napětí na kondenzátoru C_1). Jakmile doutnavka zapálí, začne protékat proud i odporem R_4 , na němž vznikne spádem napětí. (Velikost odporu R_4 je volena podle proudu doutnavky Dt tak, aby byl omezen proud protékající relé.) Toto napětí sepne relé, jehož kontakt r_1 uzemní bázi tranzistoru T_1 . Tím okamžikem vysadí kmity relaxačního oscilá-

toru a z baterie je odebíráno jen nepatrný proud (asi 30 mA). V dalších okamžicích ztrácí kondenzátor C_1 svůj náboj, jeho napětí klesá a samozřejmě klesá i napětí v bodě „a“. Tento stav trvá tak dlouho, až napětí v bodě „a“ klesne pod zhášecí napětí doutnavky (které je asi o 10 V menší než zápalné). Tím zaniká spád napětí na R_4 , relé rozepne kontakt r_1 a relaxační oscilátor nasadí kmity. Po dosažení jmenovitého napětí na C_1 se celý děj opakuje.

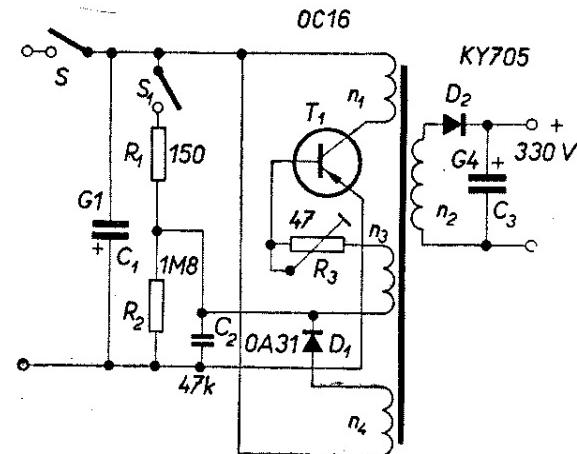
Toto zapojení má však řadu nevýhod. Je to jednak nutnost výběru vhodné doutnavky, která má mít malý rozdíl mezi zápalným a zhášecím napětím, jednak značná poruchovost mechanických kontaktů relé, a konečně i malý výběr vhodných typů na trhu. Jediné opodstatnění má relé u dvojčinných měničů, které se jinými způsoby nedají dobře vypínat (dvojčinný měnič se budto těžko vypíná, nebo špatně startuje). Na obr. 14 je ukázka zapojení komerčního blesku, vyvinutého konstruktérem Vykočilem (Mechanika). Tato konstrukce (obr. 15) byla odměněna „Zlatým kahanem“, tj. cenou udělovanou zdařilým výrobkům našeho lehkého průmyslu. Zápalné napětí doutnavky se při nabité kondenzátoru C_2 odebírá z dolního členu



Obr. 15

děliče R_2, R_3 . Průtokem proudu doutnavkou vzniká napěťový spád na odporu R_4 , který je zesílen kaskádovým tranzistorovým zesilovačem T_3, T_4 na takovou velikost, při níž dojde ke spolehlivému rozpojení kontaktů relé a tím k vypnutí dvojčinného měniče (odpojením emitorů T_1 a T_2 od zdroje napětí). Měnič pracuje v zapojení se společným emitorem na rozdíl od předcházejícího jednočinného měniče, který pracuje v zapojení se společným kolektorem.

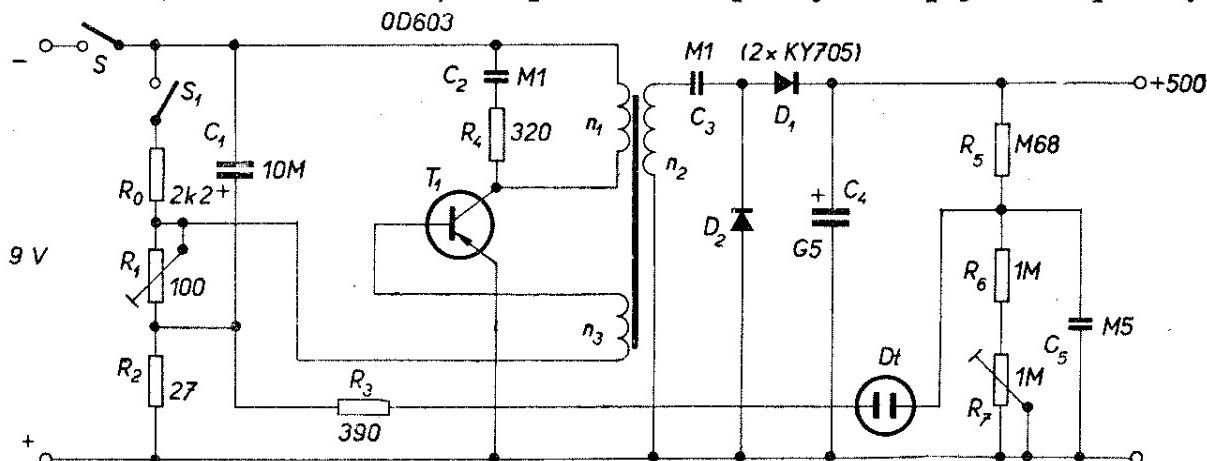
Na obr. 16 je zapojení tranzistorového měniče, u něhož je reléový vypínačí obvod nahrazen tzv. rekuperační diodou. Měnič (relaxační oscilátor) v zapo-



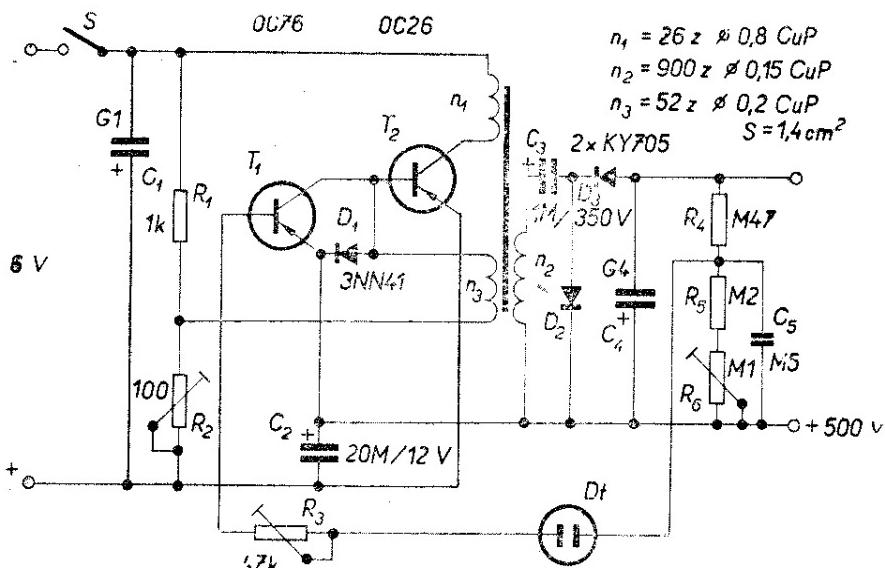
Obr. 16

jení se společným emitorem a s usměrňovací diodou pracuje v závěrném směru – tedy v nejčastěji používaném zapojení. Navíc je však opatřen automatickým vypínáním pomocí diody 0A31, která začne plnit svoji funkci tehdy, je-li efektivní velikost napětí na vinutí n_4 větší než napětí vznikající na vinutí n_3 (tj. při konečné fázi nabíjení kondenzátoru C_3). Nevýhodou tohoto zapojení je, že pro spolehlivé vypnutí měniče musí být odpojen odpor R_1 , který však potřebujeme ke startování měniče. Proto se musí startovat tlačítkovým spínačem S_1 .

Další zapojení měniče s automatikou (obr. 17) používá firma Telefunken. Měnič pracuje v zapojení se společným



Obr. 17

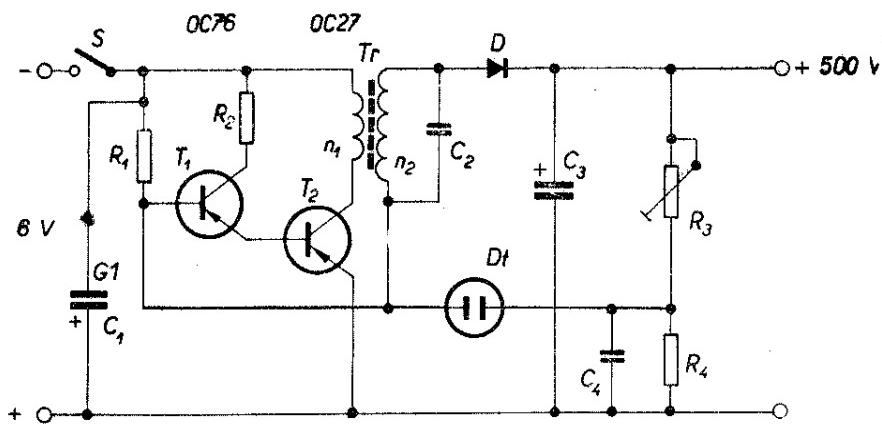


Obr. 18

emitorem, přičemž na straně sekundáru jsou zařazeny dvě diody. Sekundární napětí odebírané z vinutí n_2 je diodami sečítáno. V půlvlně otevřeného tranzistoru se nabíjí kondenzátor C_4 na přereformované napětí baterie $U_{b.c}$ (vzestupným převodem c) a v půlvlně uzavřeného tranzistoru se k němu přičítá ještě usměrněné napětí vzniklé přerušením. Jak je tedy zřejmé, je potřeba druhé vysokonapěťové diody vyvážena tím, že tranzistor v tomto zapojení vede pro stejný výkon – jako u měniče s diodou v závěrném směru – jen přibližně poloviční kolektorový proud. Měnič se uvádí do chodu sepnutím spínače S při současném stisknutí tlačítka-vého spínače S_1 (zajištěno mechanicky). Tím dostane báze tranzistoru T_1 potřebné napětí pro rozkmitání, přičemž relaxační oscilátor kmitá i po rozpojení spínače S_1 . V sekundárním vinutí n_2 se indukuje střídavé napětí, které po

usměrnění nabíjí kondenzátor C_4 . Paralelně k C_4 je připojen dělič složený z odporů R_5 , R_6 a R_7 . Odpor R_7 je nastaven tak, že při dosažení jmenovité velikosti napětí na C_4 (např. 500 V) se napětí na doutnavce Dt rovná právě jemu zápalnému napětí. Při zapálení doutnavky se vybije kondenzátor C_5 . Proudový náraz se tak dostane až do společného bodu děliče R_2 a R_1 , kde způsobí zvýšení potenciálu kondenzátoru C_1 . Tím se však zvětší i potenciál ve společném bodě děliče R_1 a R_6 , který se přeneše až na bázi tranzistoru T_1 a uzavře jej. Ke spolehlivému vysazení oscilací slouží člen R_4 , C_2 , zapojený paralelně ke kolektorovému vinutí n_1 . Jeho účinek podporuje i kapacita vinutí n_2 (max. 20 pF).

Stejnou nevýhodou jako v předcházejícím případě je potřeba startovacího tlačítkového spínače S_1 . Proto bylo vyvinuto dokonalejší zapojení, u něhož po-



Obr. 19

třeba startovacího tlačítkového spínače odpadá (obr. 18).

Měnič pracuje v zapojení se společným emitorem s diodovým „sečítačem“. Kromě hlavního přepínacího tranzistoru T_2 je v zapojení ještě pomocný tranzistor T_1 , který při dosažení jmenovitého napětí na kondenzátoru C_4 zastaví oscilace a omezí tím spotřebu z baterie. Princip automaticky spočívá v tom, že báze T_2 , která dostává předpětí z děliče R_1 , R_2 , je připojena přes diodu 3NN41 (D_1) ke kondenzátoru C_2 . Tento kondenzátor se nabíjí přes tento diodu při kladných půlvlnách napětí báze (kdy je T_2 uzavřen na potenciál asi 10 V (proti emitoru T_2). Tranzistor T_1 je v uzavřeném stavu a otvírá se teprve při zapálení doutnavky Dt . Tím spojí bázi tranzistoru T_2 s kladným pólem kondenzátoru C_2 , T_2 se zavře a přestane kmitat. Teče-li proud doutnavkou Dt na bázi T_1 , je T_1 stále otevřen, takže zkratuje bázi T_2 pro střídavé napětí přes kondenzátor C_2 . Teprve po zhasnutí doutnavky se uzavře pomocný tranzistor T_1 ; kondenzátor C_2 je odpojen od báze T_2 a ten začne znova kmitat.

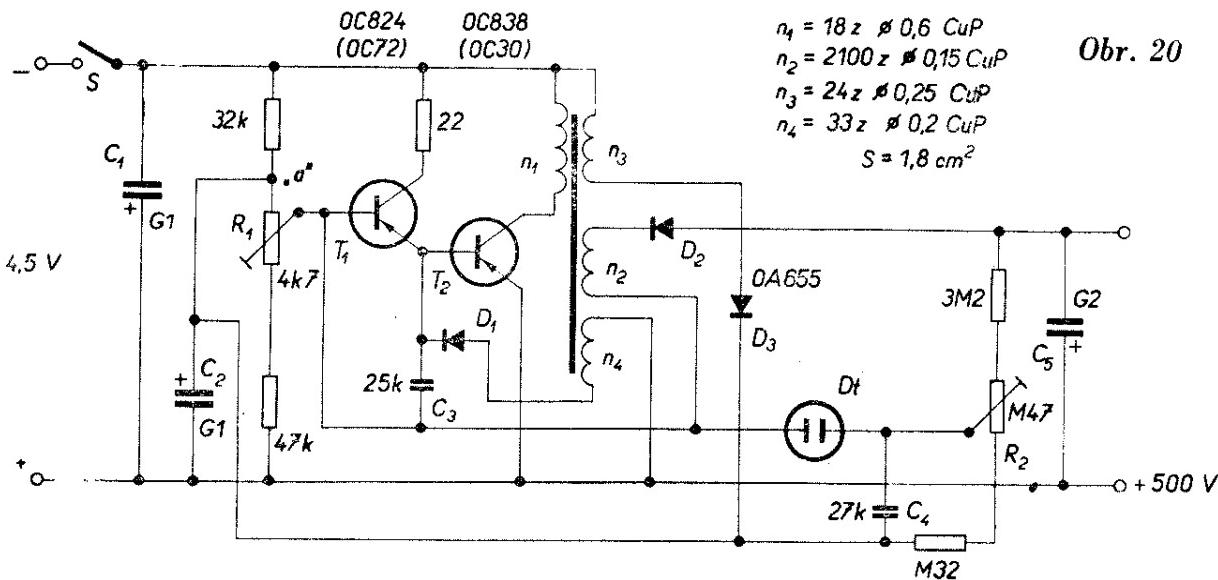
Pro správnou činnost je třeba, aby tranzistor T_1 měl co nejmenší zpětný proud (asi 5 až 10 μA) a co největší proudový zesilovací činitel h_{21e} (větší než 100). V praxi se zde osvědčily typy 0C76, GC502, popřípadě sovětský II15. Činnost vypínací automatiky se nastavuje odporovými trimry R_3 , R_6 , činnost měniče drátovým potenciometrem R_5 .

Velmi zajímavé zapojení měniče s automatikou je na obr. 19. Je použito v zahraničním elektronickém blesku Elgatron; vyznačuje se minimálním počtem součástí a jednoduchým transformátorem. Budicí vinutí báze odpadá, neboť budicí proud se odvozuje ze sekundárního vinutí, které je přes dráhy báze-emitor T_1 a T_2 uzemněno. Výstupní napětí je v určitých mezích nezávislé na zátěži. Další výhodou je, že při nabitém sběracím kondenzátoru C_8 je odběr z baterie velmi malý. Stupeň převodu závisí nejen na poměru obou vinutí, ale i na zesilovacím činiteli obou tranzistorů. Při praktickém návrhu lze vycházet ze vztahu:

$$\frac{n_2}{n_1} \cdot h_{21e} T_1 \cdot h_{21e} T_2 = 0,75,$$

kde n_1 je zvolený počet závitů primárního vinutí (asi 60 z drátu o \varnothing 0,8 mm CuP) a n_2 odhadnutý počet závitů sekundárního vinutí.

Tranzistor T_1 zvětšuje zesílení tranzistoru T_2 na potřebnou velikost (celek pracuje jako jeden tranzistor s extrémně velkým zesilovacím činitelem $(h_{21e} \text{ celk.} = h_{21e} T_1 \cdot h_{21e} T_2)$). Odpor R_2 je kolektorový pracovní odpór tranzistoru T_1 , zatímco zátěž T_2 již tvoří primární vinutí n_1 . Odpor R_1 slouží k nastartování měniče. Kondenzátor C_2 , který je připojen paralelně k sekundárnímu vinutí n_2 , tvoří s ním laděný obvod na kmitočtu 5 kHz. Při nabíjení kondenzátoru C_3 se současně nabíjí přes dělič R_3 , R_4 i kon-

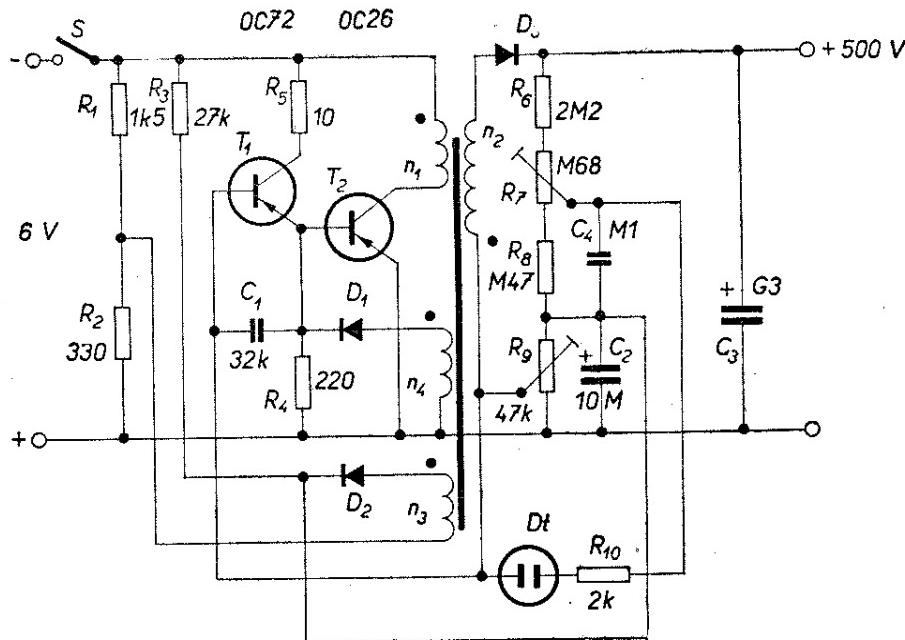


Obr. 20

$$\begin{aligned}n_1 &= 18z \not\propto 0,6 \text{ CuP} \\n_2 &= 2100z \not\propto 0,15 \text{ CuP} \\n_3 &= 24z \not\propto 0,25 \text{ CuP} \\n_4 &= 33z \not\propto 0,2 \text{ CuP}\end{aligned}$$

$S = 1,8 \text{ cm}^2$

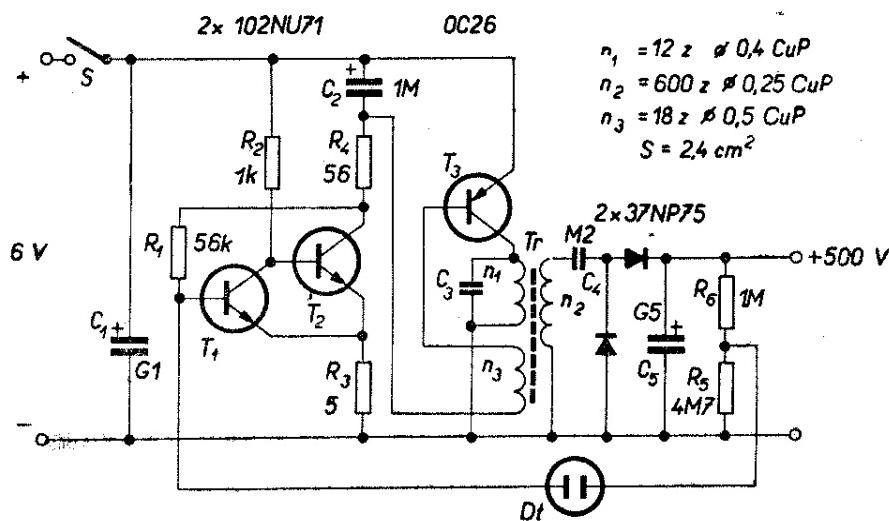
Obr. 21



denzátor C_4 , k němuž je připojena doutnavka Dt . Velikost odporu R_3 je nastavena tak, že doutnavka Dt zapálí teprve tehdy, až napětí na C_3 dosáhne 500 V. Proudem doutnavky se přenese kladný potenciál na bázi tranzistoru T_1 , který se uzavře. Tím se uzavře i tranzistor T_2 , a kmity zaniknou. Zhasne-li doutnavka Dt (odpálením blesku nebo poklesem náboje na C_3 vlivem vybíjení příčným proudem), tranzistor T_1 se otevře a vede, měnič začne opět pracovat a kondenzátor C_3 se znova nabíjí.

Na obr. 20 je ukázka trochu složitějšího zapojení měniče elektronického blesku, které se vyznačuje rychlým dobíjením. Měnič tvoří relaxační oscilátor osazený dvěma tranzistory T_1 a T_2

v zapojení se společným emitorem a s diodou v propustném směru. Tranzistor T_2 je přepínač, tranzistor T_1 nastavuje jeho pracovní bod a udržuje tím konstantní amplitudu oscilací. Napětí báze se totiž odebírá z děliče (z odporu R_1), který je připojen na záporný pól zdroje napětí. Proti tomuto napětí působí kladné napětí odebírané z vinutí n_3 , které je usměrněno diodou D_3 . Zvětší-li se amplituda napětí na n_3 , zvětší se kladné napětí přiváděné do bodu „a“; tím se zmenší proud T_1 a T_2 a amplituda oscilací poklesne. Zpětnovazební vinutí tvoří n_4 . Jeho jeden konec je připojen přes diodu D_1 na bázi T_2 . Kladnou zpětnou vazbu podmiňující oscilace podporuje připojení jednoho konce vinutí n_3 (přes



Obr. 22

D_3 a R_1) na bázi T_1 . Kladné proudové pulsy, které vznikají při nabíjení kondenzátoru C_5 přes diodu D_2 , se přivádějí rovněž na bázi T_1 a podporují rychlé přerušení proudu tranzistorem T_1 . Čím větší je nabíjecí proud C_5 , tím rychleji se tranzistor T_1 uzavírá (v druhé půlperiódě nabíjecího cyklu), takže obvod pracuje jako regulátor konstantního nabíjecího proudu kondenzátoru C_5 . Tento způsob nabíjení je velmi výhodný. Na počátku nabíjení, kdy napětí na C_5 je malé vůči špičkovému napětí na n_2 , omezuje zapojení odběr z baterie a prodlužuje její životnost. Ke konci nabíjení, kdy napětí na C_5 se blíží špičkovému napětí na n_2 , je nabíjecí proud větší (než by byl v základním zapojení bez regulace amplitudy), takže se urychlí nabítí sběracího kondenzátoru C_5 . Jakmile dosáhne napětí na C_5 jmenovité hodnoty, zapálí doutnavka Dt a báze T_1 dostane kladné napětí z kondenzátoru C_4 . Tím se tranzistor T_1 uzavře; také T_2 ztratí záporné napětí na bázi a oscilace samočinně vysadí. Obnoví se opět samočinně, jakmile z jakéhokoli důvodu klesne napětí na C_4 pod zhásecí napětí doutnavky Dt .

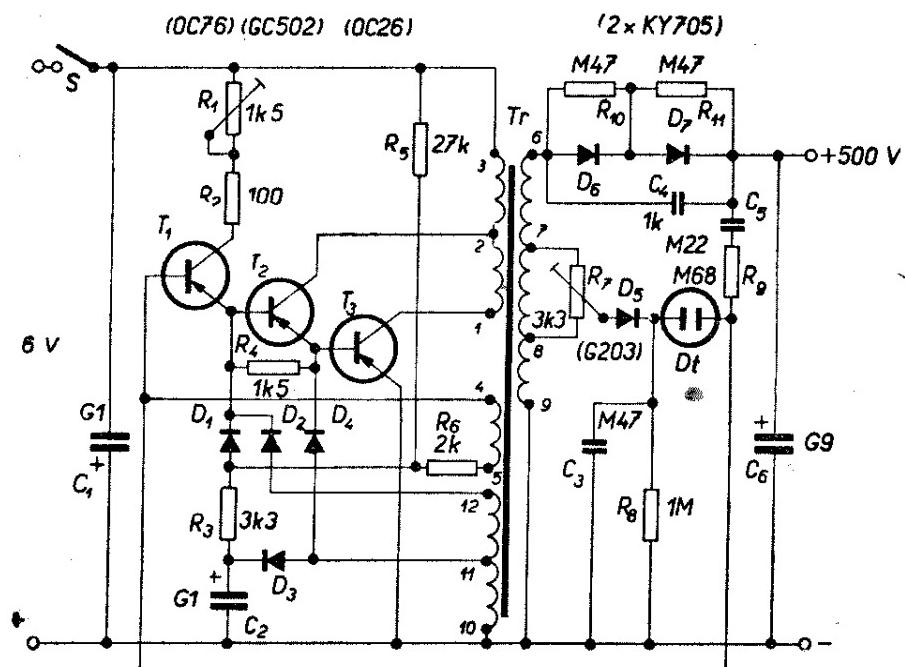
Kondenzátor C_3 v bázi T_2 je důležitý. Ohraničuje totiž zavírací napětí tranzistoru každé periody ve fázi vypnutí. Kondenzátor C_4 zabraňuje „klepání“, tj.

nespolehlivému vypnutí, kdy sice odběr z baterie poklesne, ale oscilace nevysadí, což se současně projeví i zvukově. Činnost automatiky se seřizuje odporovým trimrem R_2 , optimální činnost relaxačního oscilátoru potenciometrem R_1 . Kondenzátor C_2 musí být připojen záporným pólem na kladný pól baterie.

Na stejném principu je založeno zapojení komerčně vyráběného blesku Mecablitz 103 (zapojení je na obr. 21). Opět je zde použit relaxační oscilátor, pracující v zapojení se společným emitorem, ale s usměrňovací diodou půlovanou v závěrném směru. Sekundární vinutí n_2 se uzavírá přes dráhu báze-emitor tranzistoru T_1 a T_2 . Činnost měniče se nastavuje odporovým trimrem R_9 , činnost automatiky se seřizuje trimrem R_7 .

Zapojení tranzistorového blesku na obr. 22 je vděčnou alternativou popsaných měničů, která umožňuje použití tranzistorů $n-p-n$ v obvodech automatického řízení činnosti.

Tranzistor T_3 kmitá vlivem kladné zpětné vazby, která je zavedena vinutím n_3 do jeho báze. Napětí pro bázi T_3 se odebírá přes odpor R_3 , tranzistor T_2 a odpor R_4 . Kapacita C_3 a indukčnost primárního vinutí n_1 tvoří kmitavý obvod s rezonancí na kmitočtu asi 10 kHz. Všechny tranzistory pracují v zapojení se společným emitorem.



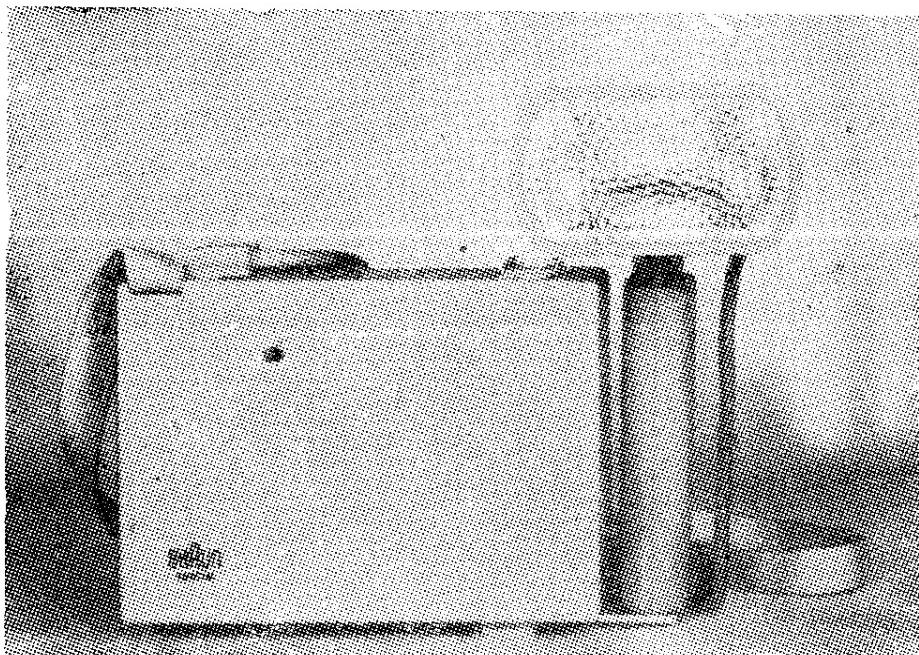
Obr. 23

Po uvedení do provozu sepnutím spínače S je blesk připraven k odpálení, jakmile napětí na sběracím kondenzátoru C_5 dosáhne jmenovité velikosti. Tento stav ohlásí doutnavka Dt světlukujícím výbojem. Tranzistor T_1 , který byl zatím uzavřen, se otvídá proudem doutnavky Dt . Tím se současně zvětší proud procházející jeho pracovním odporem R_2 , vznikne na něm větší spád a napětí báze T_2 se tedy sníží. Tím se uzavře tranzistor T_2 , který ovlivňuje předpětí báze T_3 . Při uzavření stoupne napětí na jeho kolektoru až na +5,8 V; současně se uzavře tranzistor T_3 a oscilace vysadí.

Po odpálení blesku nebo poklesu náboje (příčným proudem) na C_5 doutnavka zhasne. To vyvolá změnu předpětí všech tranzistorů, takže T_3 opět kmitá.

Poslední ukázkou měniče s automatikou je zapojení komerčního výrobku Metz-Mecablitz 502 (obr. 23). Přepínací tranzistor T_3 pracuje v zapojení se společným emitorem a diodou pólovanou v závěrném směru, tj. tak, že v té části periody přepínacího cyklu, kdy tranzistor T_3 vede, je napětí zdroje na svorkách primárního vinutí a ve druhé části periody – kdy přepínací tranzistor nevede – je energie předávána sběracímu kondenzátoru C_6 . Cyklus probíhá takto: po sepnutí spínače S je napětí báze řídicího tranzistoru T_1 záporné (báze je

spojena se záporným pólem baterie odpory R_5 , R_6 a vinutím 4, 5). T_1 začne vést (je otevřen) a záporné napětí baterie se dostává přes odpory R_1 , R_2 a dráhu kolektor-emitor T_1 na bázi T_2 . Tím je tento tranzistor také otevřen, vede proud a stejným způsobem otvídá tranzistor T_3 . Při otevření T_3 se objeví napětí na primárním vinutí 1–2–3. Kolektorový proud protékající tímto vinutím indukuje současně napětí do vinutí 4, 5. Toto indukované napětí se přičítá k předpětí báze T_1 , zvětšuje jeho proud a tím i proudy dalších tranzistorů. Tento děj pokračuje lavinovitě tak dlouho, až je tranzistor T_3 úplně otevřen a plné napětí baterie je na primárním vinutí 1–3. Do tohoto okamžiku je napětí na sekundárním vinutí 6–9 takové polarity, že bod 6 je záporný a křemíkový usměrňovač D_6 , D_7 je uzavřen. Transformátor je v této fázi nezatížen. Primární vinutí tedy do jisté míry představuje jen indukčnost a přiložené napětí na ní vyvolává pilovitě vzrůstající proud lineárně s časem (tentot proud je současně kolektorovým proudem tranzistoru T_3). Dosáhne-li kolektorový proud určité velikosti (odpovídající součinu proudu báze a zesilovacího činitele $h_{21e}T_3$), není již další zvětšení proudu možné. Tehdy dojde na tranzistoru T_3 k poklesu napětí, jímž se napětí na všech vinutích zmenší. Současně se tím sníží vybuzení tranzistorů a



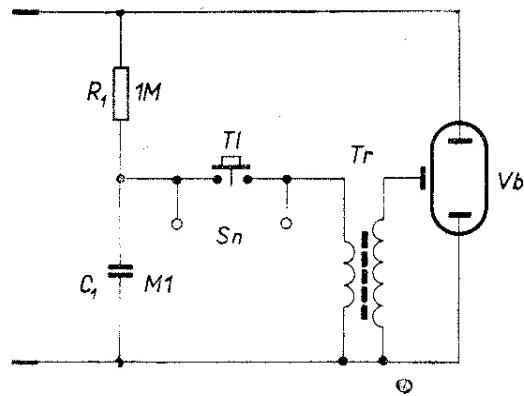
Obr. 24

pokles napětí je ještě větší (pokles nastane v relativně krátkém čase).

Vlivem přerušení proudu vznikne samoindukcí na všech vinutích napětí, tentokrát však opačné polarity. V této druhé fázi cyklu dioda D_6 a D_7 vede (bod 6 je kladný) a nabíjí tedy kondenzátor C_6 . Jakmile dojde k přenosu energie (která byla nejprve „vložena“ do magnetického pole) do sběracího kondenzátoru C_6 , tvoří indukčnost nezatíženého vinutí spolu s přídavnými kapacitami kmitavý obvod. Ten kmitá necelou polovinu periody, přičemž se na jednotlivých vinutích obrátí polarita vznikajících napětí a celý cyklus začíná znova.

Během té části cyklu, v níž je tranzistor uzavřen (tj. ve druhé fázi) a diody D_6 , D_7 vedou, jsou velikosti napětí na všech vinutích úměrné napětí na sběracím kondenzátoru C_6 . V této fázi se však nabíjí i kondenzátor C_2 napětím přiváděným z vinutí 10, 11 přes diodu D_3 . Její kladné napětí se dostává přes odpory R_8 , R_6 a vinutí 5, 4 na bázi řídicího tranzistoru T_1 a druhou cestou přes diodu D_1 na báze tranzistorů T_2 a T_3 . Startovací pulsy tranzistorů po každé uzavírací fázi jsou však větší než kladné napětí na kondenzátoru C_2 , takže ze začátku není funkce relaxačního oscilátoru nikterak ovlivněna. Během fáze, v níž jsou tranzistory uzavřeny, nabíjí se i kondenzátor C_3 přes diodu D_5 z vinutí 7, 8. Také jeho napětí je úměrné velikosti náboje na sběracím kondenzátoru C_6 . Odporným trimrem R_7 je seřízena velikost odebíráného napětí tak, že doutnavka Dt zapálí tehdyn, dosáhne-li napětí na kondenzátoru C_6 jmenovité hodnoty. Tím se vybije kondenzátor C_3 přes doutnavku, kladný proud teče do báze řídicího tranzistoru T_1 a uzavírá ho. V tomto okamžiku vysadí kmity. Po zhasnutí doutnavky Dt brání nastartování relaxačního oscilátoru zpočátku kladné napětí na kondenzátoru C_2 , které působí přes odpory R_3 , R_6 a vinutí 5, 4 na bázi T_1 . Po určité době se však konečně kondenzátor C_2 vybije přes odpory R_3 , R_5 . Tím okamžikem mizí kladné napětí uzavírající tranzistor T_1 a měnič začne opět pracovat.

Tímto způsobem – podobně jako v předcházejících případech – se napětí



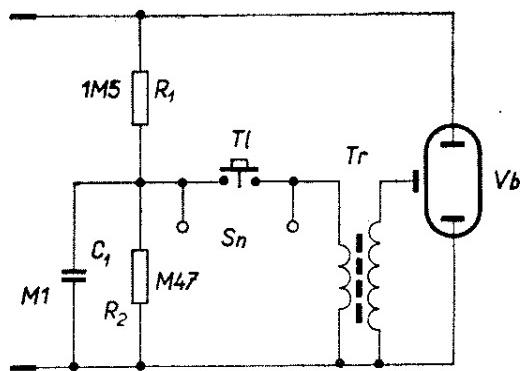
Obr. 25

sběracího kondenzátoru C_6 při nabítí pohybuje v mezích 480 až 500 V, čímž je zajištěno stálé směrné číslo a není zkracována životnost elektrochemického zdroje.

Zapalovací obvod — indikace nabítí

Po stránce konstrukce jsou elektrotechnické blesky rozděleny na dvě části. Je to jednak skříňka se zdrojem napětí (baterie), sběracím kondenzátorem a měničem, jednak držák s výbojkou umístěnou v reflektoru společně se zapalovacím obvodem a indikátorem stavu. Obě části jsou navzájem propojeny obvykle dvoupólovou šnúrou (obr. 24).

Všimněme si nyní odnímatelné části, tj. výbojky a jejich obvodů. Na obr. 25 je zapojení nejjednoduššího zapalovacího obvodu. Skládá se z nabíjecího odporu R_1 , kondenzátoru C_1 , tlačítka a indukčního transformátoru Tr . Je-li hlavice s výbojkou připojena k blesku, nabije se při nabítí sběracího kondenzátoru C na jmenovité napětí i kondenzátor C_1 přes odpor R_1 . Po stisknutí tlačítka Tl vybije se kondenzátor C_1 přes primární vinutí transformátoru Tr . V okamžiku změny potenciálu indukuje se v sekundárním vinutí Tr vysokonapěťový impuls (asi 6 kV), který způsobí ionizaci náplně výbojky a její zapálení. Paralelně k vývodům tlačítka jsou připojeny svorky Sn , které slouží k připojení synchronizačního kabelu k fotoaparátu. (Při expozici zkratuje uzávěrka fotopřístroje náboj na kondenzátoru C_1 místo tlačítka zapalovacího obvodu.)

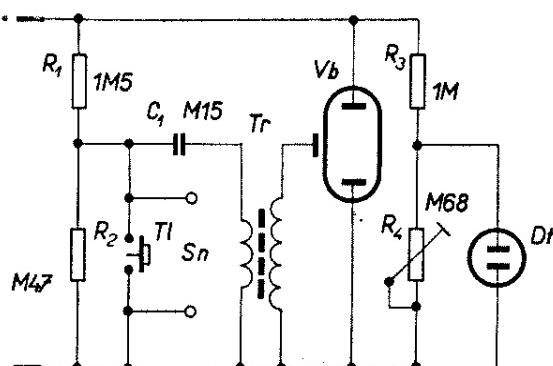


Obr. 26

Při používání tohoto jednoduchého obvodu je však náboj na kondenzátoru C_1 značně vysoký, takže by mohlo docházet k opalování kontaktů uzávěrky. Proto bylo zvoleno zapojení rozšířené o další odpor R_2 (obr. 26). Tím byl vytvořen dělič napětí, který nedovolí napětí na kondenzátoru C_1 vzrůst na hodnotu větší než 60 V.

V některých zapojeních se setkáme s kondenzátorem C_1 v sérii s primárním vinutím zapalovacího transformátoru Tr (obr. 27). Zapojení pracuje jako předcházející. (Zapojení podle obr. 25, 26 a 27 se používala v minulosti. Během let se totiž ukázalo, že jsou nevhodná, neboť pak je uzávěrka fotopřístroje – a tím i jeho kovová konstrukce – spojena přímo s jedním polem sběracího kondenzátoru, což v některých případech zavinilo úraz elektrickým proudem.)

Na tomtéž obrázku je již u výbojky indikační obvod. Je to obvod, který hlásí, že napětí na sběracím kondenzátoru dosáhlo provozní hodnoty. Je opět velmi jednoduchý. Tvoří jej dva odpory R_3 , R_4 a doutnavka Dt . Jeden

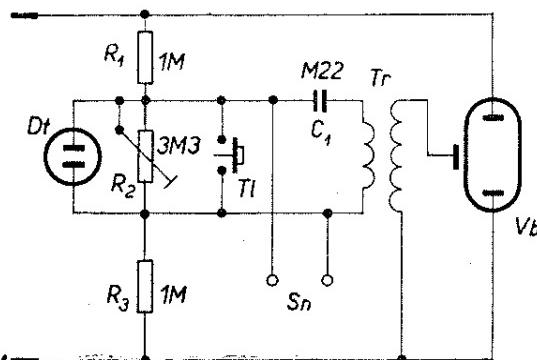


Obr. 27

odpor – obvykle ten, k němuž je paralelně připojena indikační doutnavka – tvoří odporový trimr, jímž je možné seřídit doutnavku tak, aby zapálila právě při dosažení provozního napětí na sběracím kondenzátoru C .

Na obr. 28 je zapojení zapalovacího a indikačního obvodu elektronického blesku. Zapalovací a indikační obvod je společný. Kondenzátor C_1 se nabíjí na napětí, které je na středním členu (odporu R_2) dělíce R_1 , R_2 , R_3 . Tak je zajištěno, že příliš velkým nábojem C_1 nemůže docházet k opalování kontaktů uzávěrky. Současně je k odporu R_2 připojena paralelně doutnavka Dt (typ Tesla RN500), která hlásí blikáním dosažení provozního napětí blesku. Podle zvyšujícího se napětí doutnavka v určitém okamžiku zapálí a vlivem výbití části náboje kondenzátoru C_1 přes

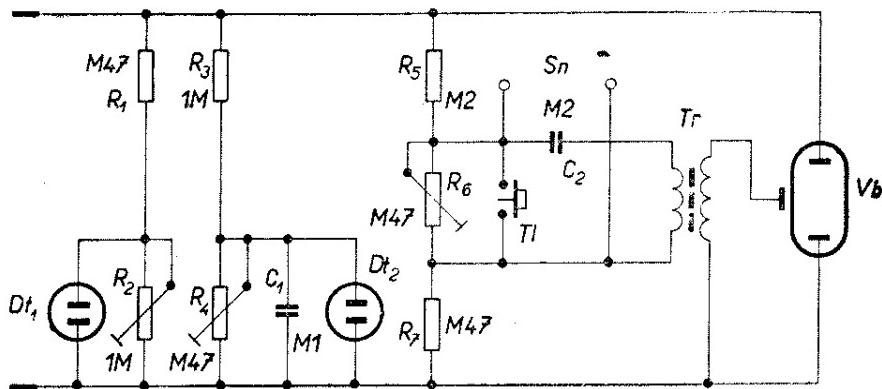
XB8200



Obr. 28

její snížený odpor za hoření opět pohasne, což se opakuje tím rychleji, čím rychleji stoupá napětí na sběracím kondenzátoru C . Zvyšující se rychlosť blikání doutnavky tedy prozrazuje rychlosť nabíjení (v posledních fázích nabíjecího cyklu), až při dosažení jmenovitého napětí doutnavka prakticky září bez přerušení. Podobně pracuje indikační obvod na obr. 29. V tomto zapojení jsou dvě doutnavky, z nichž každá má samostatný dělič. Doutnavka Dt_1 je seřízena tak, že zapálí až při dosažení jmenovitého napětí. Při pořizování technických snímků pomocí blesku, které exponujeme zpravidla ze vzdálenosti do 1 m, je plný výkon blesku příliš velký a je třeba exponovat snímkы se sníženou energií. To umožňuje druhý indikační

Obr. 29

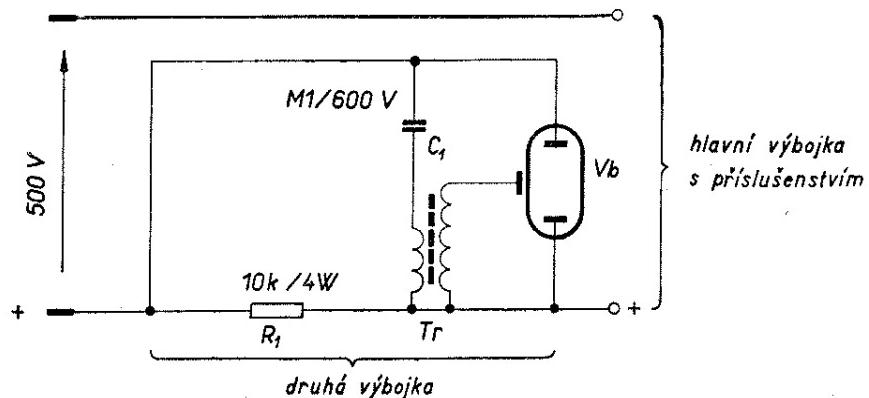


obvod, skládající se z děliče R_3 , R_4 , kondenzátoru C_1 a doutnavky Dt_2 . Její zapálení je nařízeno odporovým trimrem tak, aby indikovalo dosažení takového napětí na sběracím kondenzátoru, které odpovídá polovině jmenovité energie (podle vztahu $P = 0,5 \cdot C \cdot U^2$). Tím je zajištěno, že snímky pořízené bleskem z velké blízkosti nebudou přeexponovány. (V tomto případě však musíme „hlídat“ velikost požadovaného provozního napětí jen podle svitu druhé doutnavky Dt_2 , protože napětí má při nabíjení tendenci dále se zvyšovat. Proto je paralelně k druhé doutnavce připojen kondenzátor C_1 , který způsobuje blikání Dt_2 . Podle rychlosti blikání můžeme odhadnout velikost provozního napětí. U komerčních blesků se požadavek snížené energie – a tím i sníženého směrného čísla – řeší obvykle tak, že se seřídí velikost odporů v děliči napětí pro doutnavku řídící automatiku – např. změnou hodnoty odporu R_7 v obr. 23 nebo R_4 v obr. 35).

Elektronické blesky pracují v některých případech s více výbojkami. Způsoby připojení dalších výbojek jsou uve-

deny v [4]. Dnes se však používají k osvětlení fotografovaného objektu spíše další blesky, které (pomocí fotoodporu nebo fotodiód) jsou odpalovány světlem hlavního, tzv. „mateřského“ blesku. Tento způsob se používá zvláště v profesionální praxi a nese v sobě jedno nebezpečí: rozestavěné sekundární blesky mohou být odpáleny i světlem jiného reportéra, než jejich majitelem. Proto při amatérské konstrukci dáváme přednost zapojení, u něhož je další výbojka (tzv. extenze) elektricky vodivě připojena k mateřskému blesku. Jedno takové zapojení je např. v lit. [15].

Zajímavý způsob zapalování a připojení druhé výbojkové hlavice jsme našli v literatuře [29]; je na obr. 30. Hlavní výbojka je připojena k blesku v sérii s odparem R_1 (10 k Ω). Protože tímto odparem protéká jen minimální proud zapalovacího obvodu, nedochází na něm ke znatelnému úbytku. Jakmile však hlavní výbojka zapálí, objeví se (vzhledem k malému odporu této výbojky za hoření) plné provozní napětí na R_1 . Tím se nabije kondenzátor C_1 a proudový náraz vyvolá současně indukcí vysokona-



Obr. 30

pěťový impuls na sekundárním vinutí transformátoru Tr , čímž zapálí i pří-davná (druhá) výbojka. V tomto oka-mžiku jsou obě výbojky v sérii a pro-vozní napětí sběracího kondenzátoru C se mezi ně rozdělí přibližně stejným dí-lem (podle jejich odporu za hoření). Přitom je třeba upozornit, že v okamžíku zážehu je na každé výbojce plné pro-vozní napětí, protože výbojky zapalují bezprostředně za sebou (v intervalu asi 1/1000 s).

Zbývá povědět si ještě něco o transfor-mátoru Tr , kterému také říkáme – podle tvaru – zapalovací cívka. Starší typy těchto cívek měly dvě vinutí, z nichž se-kundární mělo mnoho tisíc (10 000 až 15 000) závitů. Ukázalo se však, že ka-pacita tohoto vinutí je velmi škodlivá, neboť snižuje vysokonapěťovou špičku. Vyloučit tuto škodlivou vnitřní mezizá-vitovou kapacitu je možné jen rozděleným vinutím v sekcích. Ještě lepších vý-sledků se dosáhlo, bylo-li sekundární vi-nutí navinuto křížově. V tom případě je vnitřní kapacita minimální; počet závitů mohl být zredukován na 1000 až 2000 zá-vitů drátu o $\varnothing 0,15$ mm CuP + hedv. Pri-mární vinutí má asi 30 až 50 závitů drátu o $\varnothing 0,4$ mm CuP, vinuto těsně vedle nebo na sekundárním vinutí. Obě vinutí se kladou do novodurové kostřičky o prů-měru asi 6 mm a délce asi 10 mm. Cívka může být vzdušná, tj. bez jádra (obr. 28) nebo navinuta přímo na feritovém válco-vém jadérku ($\varnothing 5,5$ mm, délka 18 mm) – obr. 29. Takové jadérko získáme z vý-

prodejních doladovacích cívek vstupní části televizních přijímačů 4001 A.

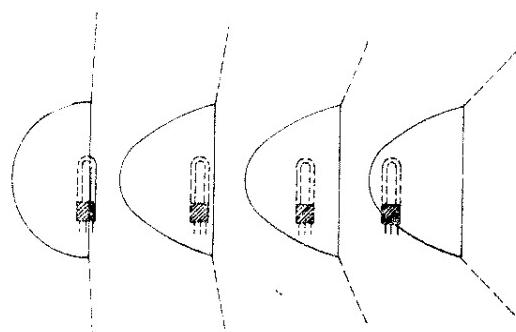
Hotovou cívku zalakujeme šelako-vým nebo bakelitovým lakem, popřípadě vyvaříme v izolační hmotě T100, aby byla zabezpečena proti mechanickému poškození a především proti proražení vysokým napětím.

Výbojka

Výbojka je skleněná trubice různého tvaru (spirála, kruh, bod, úsečka) s dvěma zatavenými elektrodami, naplněná netečným plynem (argonem nebo xenonem). Zapalovací elektroda je na povrchu této trubice a tvoří ji kovový povlak nebo ovinutý drát. Starší výbojky byly chrá-něny skleněnou baňkou a měly patici podobně jako dnes již nevyráběné nožičko-vé elektronky. Moderní výbojky mají tvar písmene U nebo I. Jejich elektrody jsou vyvedeny z konce trubice a jsou určeny pro přímé vestavění do hlavic elektronických blesků. Protože životnost běžných výbojek je podle údajů výrobce 20 000 až 30 000 záblesků, odpadá po-třeba výměny výbojky a proto ji lze ve-stavět do hlavice „na pevně“ (tj. bez možnosti časté výměny).

Při montáži výbojek je třeba dbát určité opatrnosti, aby neodbornou manipula-cí nedošlo k poškození zátavu (vývody jsou z tvrdého, poměrně křehkého drátu, což působí při ohýbání potíže), popřípadě k prasknutí (při pájení vývodů elektrod je třeba odvádět přebytečné teplo čelistmi kleští – podobně jako při pájení diod nebo tranzistorů).

Běžné výbojky jsou pro provozní na-pětí od 200 V do 2500 V – ve speciálních případech (letecká fotografie) i nad 2500 V – a také pro různý výkony. Je samozřejmé, že velikost provozního napětí odpovídá délka trubice (pro vyšší napětí je delší – tím je pak její odpor za hoření větší a naopak). Výbojové energii odpovídá průměr trubice (větší průměr odpovídá větší energii). To je třeba mít na paměti při volbě výbojky pro plánova-nou konstrukci blesku. Volbu ulehčí ta-bulka 2 (na II. a III. straně obálky), v níž



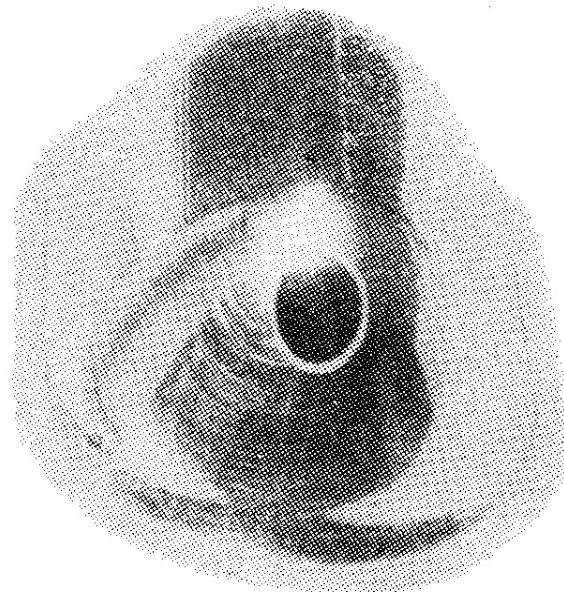
Obr. 31

je souhrnný přehled dosud u nás známých výbojek.

Reflektor

Při každém záblesku vyzáří výbojka určité množství světelné energie do prostoru na všechny strany. Aby byly světelné paprsky soustředěny jedním směrem, je výbojka umístěna v reflektoru; přitom je důležité, ve kterém jeho místě. Z obr. 31 je vidět, jak se mění vyzařovací úhel reflektoru se změnou polohy výbojky v reflektoru. Vyzařovací úhel reflektoru má být stejný, jako je úhel zobrazení fotoaparátu (55°). Je-li větší, přichází část vyzářené světelné energie nazmar, neboť osvětluje prostor, který fotoaparát nezachycuje. Směrné číslo každého blesku proto závisí i na tvaru reflektoru. Dále je třeba, aby světelný kužel blesku měl v každém místě stejnou intenzitu. To zajišťují vrubované nebo rýhované desky z organického skla, umístěné před reflektorem. Způsobují stejnoměrný rozptyl světelných paprsků (obr. 32 – ukázka moderně řešeného hranatého reflektoru s vestavěnou výbojkou, zapalovacím a indikačním obvodem).

Pokud jde o tvar reflektoru, dává se dnes již opět přednost přísně parabolickému tvaru (v řezu), který umožňuje soustředit co nejvíce světla do požadovaného osvětlovacího kuželeta a tak zajistit i u konstrukcí o nízké výbojové energii (asi kolem 30 Ws) dostatečně velké směrné číslo. Na obr. 33 je ukázka reflektoru naší výroby, který je určen pro blesk



Obr. 33

TR 64 (34 Ws). Má parabolický tvar a jeho rozměry jsou 53×78 mm, hloubka 30 mm. Je určen pro výbojku Pressler XB 8200. Protože tato výbojka má tvar tyčinky, je možné ji snadno umístit do ohniska parabolov a dosáhnout tak příznivého vyzařovacího úhlu.

Pokud jde o povrch reflektoru, je třeba, aby měl co největší lesk. Proto se na vyleštěný povrch (obvykle kovový) nastříká lesklý vypalovací lak, na který se po vysušení napaří tenká vrstva hliníku ve vakuu [30]. Je-li reflektor vylisován z organického skla – jako je tomu např. u výrobků družstva Mechanika – odpadá stříkání vypalovacím lakiem a lesklý povrch výlisku se přímo napařuje hliníkem ve vakuu.

Dvoutranzistorový blesk s automatikou

Na závěr přinášíme podrobný popis elektronického, plně tranzistorizovaného blesku jednoduché koncepce. Jeho vzhled ukazuje obr. 34.

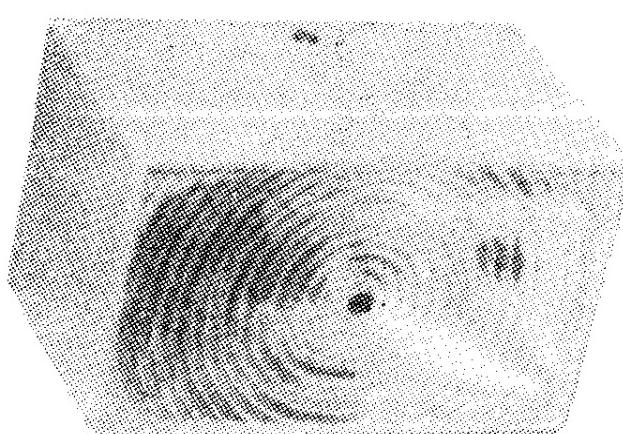
Technické vlastnosti

Napájení: dvě ploché baterie typu B 324 nebo B 313 v sérii, tj. 9 V.

Odběr: při nabíjení – 0,9 A; při zapnuté automatici – 0,05 A.

Počet záblesků z jedné náplně: min. 50.

Napětí na sběracím kondenzátoru TC 509



Obr. 32

— 250M, řiditelné v rozmezí 350 až 530 V.

Max. výbojová energie: 35 Ws (při napětí 530 V).

Vestavěná automatika: řízená doutnavkou RN500 s jednotranzistorovým stejnosměrným zesilovačem.

Rychlosť nabíjení: 15 ÷ 20 s.

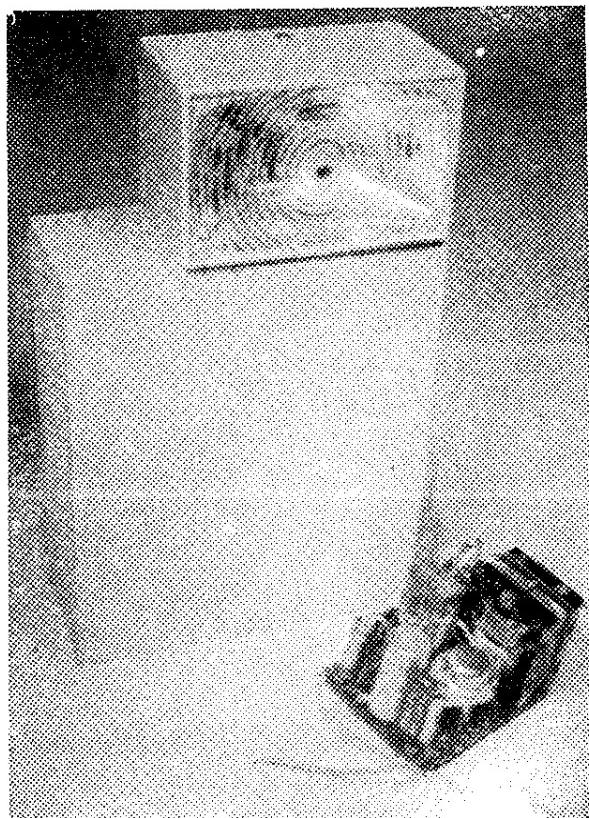
Směrné číslo: pro černobílý film o citlivosti 17 °DIN – 20.

Rozměry přístroje: 113 × (127 + 48) × × 48 mm.

Váha (včetně baterií): 0,73 kg. *

Zapojení

Úplné zapojení tohoto elektronického blesku je na obr. 35, kde je i zapojení hlavice s výbojkou, zapalovacím a indikačním obvodem. (Ve vzorku konstrukce tohoto blesku je místo indikační doutnavky vestavěno miniaturní měřidlo. Protože takové měřidlo je poměrně drahé a ještě se nesnadno opatruje, je zapojení nakresleno s doutnavkou D_{t_2} , což je běžný způsob indikace.)

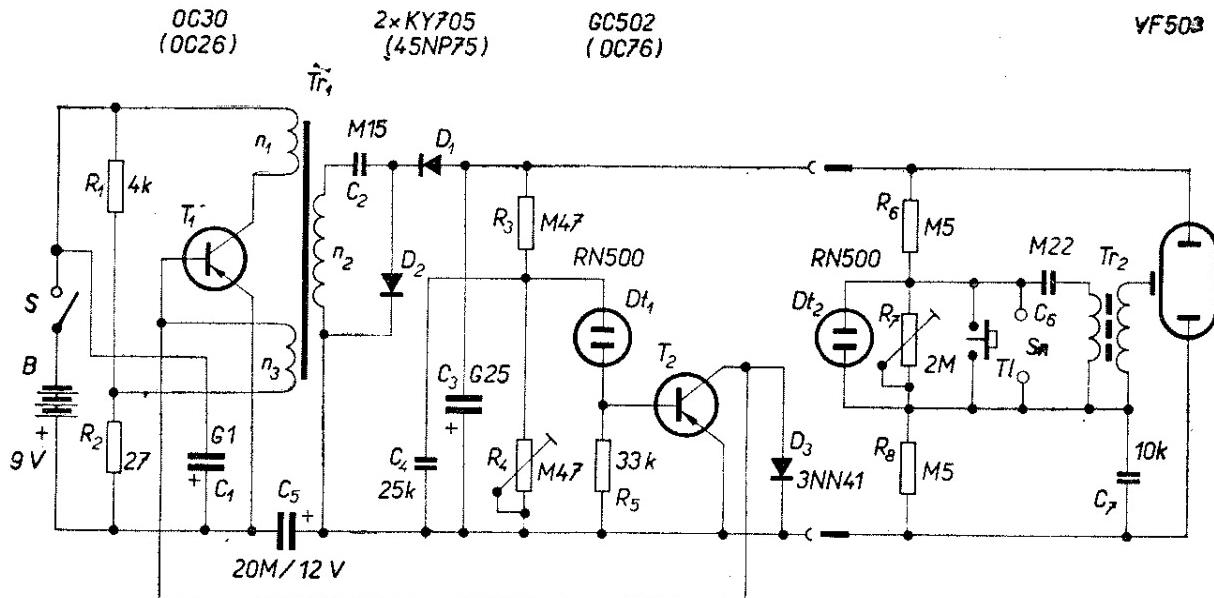


Obr. 34

Hlavní spínací tranzistor je typ 0C30. Vyhoví zde i jiný výkonový tranzistor s kolektorovou ztrátou kolem tří wattů, např. GD120, 0C836, TF80 apod. Pro spolehlivé startování je však třeba, aby jeho zesilovací činitel (h_{21e}) byl alespoň 45. To znamená, že je třeba vybrat z více tranzistorů ten, s nímž relaxační oscilátor nejochotněji startuje. Máme-li k dispozici jen jeden tranzistor, je třeba zkusmo nastavit nejvhodnější poměr a hodnoty odporů děliče R_1 a R_2 .

Druhý (pomocný) tranzistor T_2 je typ GC502. Vyhoví však i levnější GC500, který však opět musí mít zesilovací činitel h_{21e} alespoň 80. Na místě usměrňovacích diod D_1 a D_2 vyhoví např. sovětské ДГ-Ц24, ДГ-Ц27 (germaniové) nebo naše křemíkové 45NP75, 46NP75, 35NP75 nebo 36NP75. (Diody KY705 jsou křemíkové a vlastnostmi odpovídají typu 46NP75. Jejich vývody jsou však oba drátové, na rozdíl od typů 35NP75, 45NP75, 36NP75 a 46NP75, které mají jeden vývod připojen k upevňovacímu šroubu M3. Nabíjecí dioda D_3 kondenzátoru C_5 je hrotová 3NN41. Vyhoví zde však i typ 2NN41, v miniaturním provedení GA202. Je jen třeba, aby její přechodový odpor v propustém směru byl co nejmenší. Vzhledem k tomu, že napětí na kondenzátoru C_5 dosahuje až 12 V (ke konci nabíjecího cyklu, tedy v okamžiku před zapálením doutnavky), nehodí se sem nejlevnější dioda INN41, jejíž závěrné napětí je menší než součet napětí na C_5 a záporné půlvlny nabíjecího napětí na vinutí n_3 .

Zapalovací doutnavka automatiky D_{t_1} má mít co největší proud za hoření (min. 40 μ A). Tuto podmínu obvykle splňují větší doutnavky robustnější konstrukce. Z hlediska miniaturizace se však používají doutnavky např. Tesla RN500. Ty však mají bohužel příliš malý proud (10 až 50 μ A), takže některý kus nedokáže svým proudem otevřít dostatečně pomocný tranzistor T_2 a tím spolehlivě vypnout tranzistor T_1 . Proto je třeba, aby T_2 měl co největší zesílení. (Kde není možné vybírat na T_2 tranzistor s velkým zesilovacím činitelem nebo doutnavku s velkým proudem – což je



Obr. 35

případ sériové výroby – nahrazuje se T_2 dvojicí tranzistorů zapojených v kaskádě (obr. 14), která pracuje v podstatě jako jeden tranzistor s extrémně velkým zesilovacím činitelem h_{21e} celk.)

Relaxační oscilátor pracuje s jedním tranzistorem T_1 v zapojení se společným emitorem a s diodovým násobičem. Činnost automatiky jsme si již vysvětlili v souvislosti s obr. 18, takže není třeba se k ní znova vracet. Je třeba jen zdůraznit, že vypnutí tranzistoru T_1 trvá i po vybití náboje kondenzátoru C_5 (což je dílem okamžiku). Oscilace již nemohou nasadit, protože pomocný tranzistor propojuje kondenzátor C_5 paralelně k bázi tranzistoru T_1 . Teprve po zhasnutí doutnavky se uzavře T_2 , čímž je C_5 „odpojen“ od báze T_2 a ten může opět kmitat. Spolehlivé nastartování relaxačního oscilátoru (po vypnutí automatikou) ovlivňuje značně velikost horního člena děliče, tj. R_1 . Je-li totiž jeho hodnota značně veliká (nad $10\text{ k}\Omega$), ochotně vypíná, ale špatně startuje. Naproti tomu s odporem $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ je startování spolehlivé, ale vypnutí nejisté (tranzistor „klepe“, odebíraný proud ze zdroje poklesne asi na $1/3$, avšak nedojde k vypnutí oscilátoru). Je samozřejmé, že vliv na startování a vypnutí má i dolní člen děliče, odpor R_2 . Jeho velikost se pohybuje od $10\text{ }\Omega$ do $100\text{ }\Omega$. Ve vzorku se osvědčily $R_2 = 27\text{ }\Omega$ a $R_1 = 4\text{ k}\Omega$.

Zbývá již jen zdůraznit účinek kon-

denzátoru C_4 . Podílí se na vypnutí oscilátoru tím, že při zapálení doutnavky Dt_1 zvětší proudový náraz vybitím svého náboje přes T_2 . Proti zapojení z obr. 18 (které se v některých detailech liší od našeho) vystačíme s kapacitou $C_4 = 25\ 000\text{ pF}$.

Automatika má zapínat při jmenovitém napětí na sběracím kondenzátoru C_3 , sníženém asi o 20 V . Okamžik opětného zapnutí závisí na velikosti zhášecího napětí doutnavky Dt_1 , přesněji na rozdílu mezi zápalným a zhášecím napětím Dt_1 . Je zajímavé, že připojením paralelního kondenzátoru C_4 k doutnavce se zmenší rozdíl napětí mezi stavem na C_3 při vypnutí a opětném zapnutí. A to je další, velmi výtaný účinek kondenzátoru C_4 .

Konstrukce — mechanická stavba

Elektronický blesk je vestavěn do malé skříňky z překližky o tloušťce 4 mm . Dno a víko skříňky je vyrobeno z Resopalu (tloušťky $1,2\text{ mm}$) šedivé barvy. Stěny skříňky jsou spojeny truhlářským zazubením a slepeny Epoxy 1200. Stejně je přilepeno dno k bočním stěnám skříňky; víko skříňky se připevňuje k přístroji dvěma šroubkami M3. Protože skříňka blesku je poměrně malá ($113 \times 127 \times 48\text{ mm}$), není opatřena závěsným řemenem, ale je určena k nošení v kapce.

Hlavice s reflektorem, výbojkou a příslušnými obvody je moderního hranatého tvaru. Je vyrobena z umaplexových (pertinaxových) desek o tloušťce 2 mm, které jsou vzájemně spojeny zalitím Epoxy 1200. Reflektor vznikl úpravou světlometu na jízdní kolo (za 9,— Kčs). K dosažení „hranatého“ tvaru bylo třeba jej poněkud zmáčknout ve svéráku, a to ve dvou navzájem na sebe kolmých směrech. Této deformaci předcházelo ovšem odříznutí ztužujícího okraje lumenkovou pilkou. Po slisování je třeba opět seříznout do roviny „přeteklé“, tj. vyboulené části hran reflektoru, které nakonec zabrousíme na brusném (smirkovém) papíru. Takto upravený reflektor vložíme do slepené kostry a zalepíme jej. Přitom reflektor odsadíme asi o 2 mm dovnitř, takže vznikne zapuštěný okraj pro vložení rozptylové vložky z organického skla. Podle použité výbojky vyvrtáme do reflektoru otvory pro její vývody, které opatříme gumovými průchodekami. Průchody natřeme opatrнě bílým lakem, čímž zabráníme ztrátám svítivosti a pak je zalepíme. Uprostřed reflektoru vyvrtáme otvor pro upevnění (přišroubování) plexitové tyčky, k jejímuž druhému konci je připevněno rozptylové organické sklo šroubkem M2. Výbojka drží v reflektoru jen zahnutím vývodů, na které navlékneme izolační bužírky.

Do spodní části hlavice vyvrtáme ještě otvor pro statiový šroub a třínožový konektor (obr. 36). Třínožový konektor byl volen úmyslně, aby nebylo nutné dávat pozor na položení prodlužovací šňůry od reflektoru ke skřínce blesku. Pak totiž nezáleží na poloze nasazení sňurových konektorů – také třípolových – protože první a třetí nůž jsou vodivě spojeny; tím je zajištěno, že např. kladný pól je vždy na středním noži, ačkoli spojovací šňůra je jen dvoupolová.

Součásti zapalovacího a indikačního obvodu jsou na víku reflektorové hlavice (obr. 36). Toto víčko se skládá ze dvou pertinaxových destiček, z nichž vnitřní (menší) je opatřena řadou nýtků, k nimž jsou připájeny součástky. Obě pertinaxové destičky jsou spojeny v jeden tuhý ce-

lek lepidlem Epoxy 1200. Víčko se vkládá (přesněji nasouvá) do reflektoru pomocí dvou vodicích úhelníků, které jsou opatřeny dvěma otvory se závitem M2 pro úchytné šroubky.

Hlavice má rozměry 78×48 mm, hloubku 48 mm. Hloubka hlavice by mohla být ještě menší – v našem případě vyplývá z hloubky indikačního měřidla, které by při menší hloubce kolidovalo s reflektorem. Hlavice je natřena acetonovým šedivým lakem odstínu shodného s barvou umaplexových boků skříňky blesku. Hlavici je možné připojovat ke skřínce přímo (nasunutím nožového konektoru do příslušné zásuvky) nebo prostřednictvím 80 cm dlouhé propojovací šňůry.

„Srdce“ elektronického blesku, tj. část zapojení z obr. 35 kromě baterie se spínačem S a C_3 , až po kontakty konektoru, je upevněno na malé novotexové destičce ($58 \times 45 \times 2$ mm), na níž jsou všechny součásti (obr. 37 na IV. str. obálky). Pro lepší orientaci jsem fotografii doplnil označením součástí podle schématu zapojení. Destička je opatřena třiceti postříbřenými pájecími nýtky, k nimž jsou všechny součásti připájeny a propojeny. Výkonový tranzistor je připevněn pomocí distanční trubky o $\varnothing 6$ mm, opatřené na obou koncích závitem M3. Vývody tranzistoru jsou nasunuty do dvou pérových zdírek (získaných z rozebrané objímky obrazovky LB8). Toto upevnění výkonového tranzistoru umožňuje jeho rychlou výměnu (při zkoušení) bez pájení.

Na destičce je upevněn (dvěma šroubkami M3) i transformátor relaxačního oscilátoru Tr_1 . Je to transformátor složený z inkurantních permallosových plechů. Lze jej nahradit feritovým jádrem z výprodejního budějovického transformátoru 2PN66607 (viz kapitola „Transformátor“) při zachování stejného vnitřního.

Vinutí Tr_1 :

$n_1 = 30$ z drátu o $\varnothing 0,55$ mm CuP,
 $n_2 = 1000$ z drátu o $\varnothing 0,15$ mm CuP,
 $n_3 = 52$ z drátu o $\varnothing 0,3$ mm CuP,
 průřez jádra $S = 0,42$ mm².

Zapalovací cívka je navinuta na feritové tyče o $\varnothing 5,5$ mm;

primární vinutí: 35 z drátu o \varnothing 0,42 mm CuP,
sekundární vinutí: 1500 z drátu o \varnothing 0,15 mm CuP + hedvábí, vinuto křížově, šířka vinutí 8 mm, primární vinutí navinuto těsně vedle.

Uvedení do chodu

Při uvádění do chodu zkoušíme nejprve samostatný měnič bez automatiky, tj. bez spoje jdoucího z kolektoru T_2 k bázi T_1 . Nepracuje-li měnič, je třeba prohodit vývody zpětnovazebního vinutí n_3 . Obě diody mají být půlovány tak, aby (při odpojené D_2) byla dioda D_1 zapojena v závěrném směru (vzhledem k vinutí n_2). Není-li tomu tak, je třeba prohodit vývody vinutí n_2 !

Je-li všechno v pořádku, přistoupíme ke zkoušce automatiky. Voltmetrem o malé spotřebě (tj. velkém odporu na volt), např. Avometem II, měříme při zapnutí měniče napětí na kondenzátoru C_5 . Toto napětí – po zapnutí měniče při nenabitém kondenzátoru – stoupá z 1 V až asi na 12 V. Při spojeném kolektoru T_2 s bází T_1 po zapálení doutnavky Dt_1 – což seřizujeme odporovým trimrem R_4 – musí se náboj kondenzátoru vybit přes otevřený T_2 . V tom okamžiku musí ručka měřicího přístroje klesnout na nulu a kmity musí vysadit. Pokud tomu tak není, ukazuje měřicí přístroj napětí asi 0,5 až 3 V. To dokazuje, že odpor R_1 je příliš malý, nebo že je malý zesilovací činitel T_2 .

Seznam součástí

Odpory:

R_1 — 3k9 až 4k7/0,25W, vrstvový RT 114,
 R_2 — 10 až 100/2,0 W, drátový TR 607,
 R_3 — M47/0,25 W, vrstvový TR 114,
 R_4 — M47 odporový trimr WN 790,
 R_5 — 33k/0,1 W, miniaturní TR 113,
 R_6 — M47 (M5)/0,25 W, vrstvový TR 114,
 R_7 — 2M odporový trimr WN 790,
 R_8 — M47 (M5)/0,25 W, vrstvový TR 114.

Kondenzátory:

C_1 — 100M/10 V, miniaturní, elektrolytický TC 942,

C_2 — M15/400 V, zalisovaný TC 163,
 C_3 — G25/550V, elektrolytický TC 509,
 C_4 — 25k/160 V, zalisovaný TC 161,
 C_5 — 20M/12 V miniaturní, elektrolytický TC 903,
 C_6 — M22/160 V, zalisovaný TC 161,
 C_7 — 10k/400 V, zalisovaný TC 163.

Tranzistory:

T_1 — 0C30 (0C836, TF80, GD120),
 T_2 — GC502 (GC500, П15, 0C76).

Výbojka: Tungsram VF 503.

Doutnavky: Dt_1 , Dt_2 — Tesla RN500.

Diody: D_1 , D_2 — KY705 (45NP75, ДГ-Ц27), D_3 — 3NN41 (GA203).

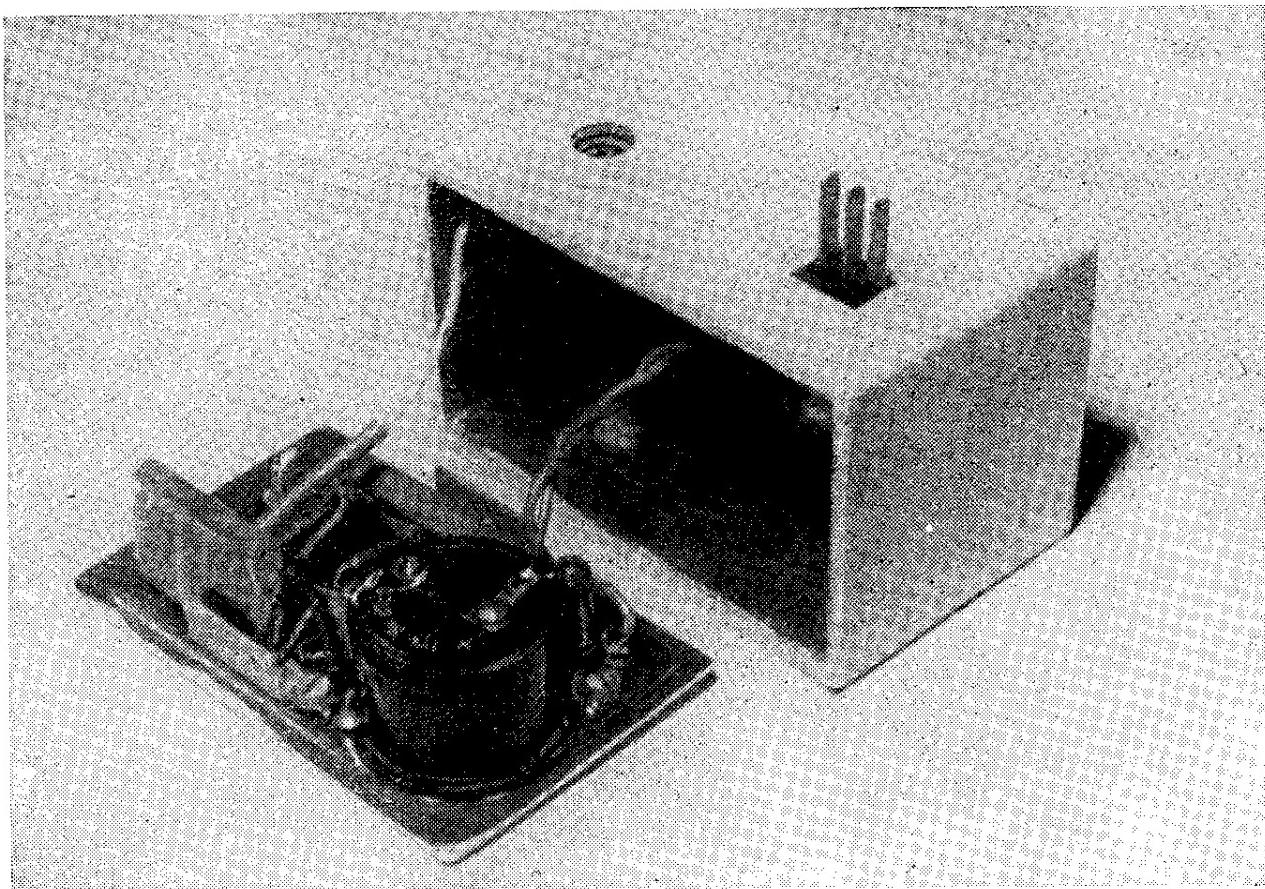
Ostatní součásti:

pájecí nýtky, spojovací drát, cín, kalafuna, bužírka, šroubky M3 a M2, distanční trubka o \varnothing 6/14 mm, pertinaxové a novotexové desky, překližka 4 mm; Resopal, Epoxy 1200, Reflektor, organické sklo atd.

Literatura

- [1] Škach, J., MUDr.: Kapesní tranzistorový blesk, AR 12/64, str. 342 až 343.
- [2] Škach, J., MUDr.: K článku „Kapesní tranzistorový blesk“, AR 7/65, str. 8.
- [3] Zkušenosti se stavbou fotoblesku, AR 6/61, str. 158 až 163.
- [4] Hyan, J. T., inž.: Elektronický blesk, SNTL 1958.
- [5] Hyan, J. T., inž.: Elektronický blesk, AR 1/60, str. 12 až 13.
- [6] Hyan, J., T. inž.: Miniaturní olověný akumulátor, AR 11/57, str. 339.
- [7] Fugmann, F.: Elgatron, ein Blitzgerät mit Transistoren, Radio und Fernsehen 6/61, str. 184.
- [8] Henry, C. L.: Inside the Electronic Photoflash, Radio-Electronics 3/61, str. 36 až 39.
- [9] Trajtěl, J., inž.: Tranzistorové měniče, AR 7/61, str. 201.
- [10] Hein, J.: A tranzistoros ärökvaku, Rádiotechnika 3/60, str. 70, 7/60, str. 219.
- [11] Transistor - Blitzgerät mit Schaltautomatik, ÖRS 6/59.
- [12] Budinský, J., inž.: Kaskádní zapojení nf tranzistorových zesilovačů, Sdělovací technika 4/57.
- [13] Ahrons, R. W.: Shoot with an all-transistor photoflash, Radio-Electronics 4/60, str. 36 až 37.
- [14] Eichholz, E.: Ein Automatic-Fotoblitzgerät mit Transistoren, Funktechnik 10/60, str. 382 až 383.
- [15] Votrubaec, P.: Tranzistorový fotoblesk, AR 8/65, str. 7 až 9.

- [16] Metz-Mecablitz 502 – ein schnelles Elektronenblitzgerät, Radioschau 8/62, str. 320 až 321.
- [17] Liman: Tranzistor. Blitzgerät AL 592, Funkschau 10/59, str. 235.
- [18] Riedel: Ein Gleichspannungswandler für Elektronenblitzgerät mit den Transistoren OC604 und OD603, Funktechnik 19/59, str. 701 až 703.
- [19] Elektronenblitzgerät mit Transistoren, Funktechnik 5/59, str. 158.
- [20] Lukeš, J., inž.: Tranzistorová elektronika, SNTL 1960, II. vyd., str. 306 až 310.
- [21] Škoda, Zd.: S tranzistorem a baterií, Mladá Fronta 1963, II. vyd., str. 248 až 259.
- [22] Čermák, J., inž.: Tranzistory v radioamatérské praxi, SNTL 1960, str. 117.
- [23] Lennarzt, H.: Gleichspannungswandler mit Leistungstransistoren, Funktechnik 23/57, str. 789 až 791.
- [24] Lennarzt, H.: Taeger, W.: Transistor-Schaltungstechnik, příl. čas. Funktechnik 24/58, str. 49 až 52 (829 až 830).
- [25] Lennarzt, H.: Taeger, W.: Transistor-Schaltungstechnik, příloha časopisu Funktechnik 3/60, str. 149 až 150 (str. 79 až 80).
- [26] Kuzměnko, M. I.: Sivakov, A. R.: Tranzistorové měniče, SNTL, Praha 1965.
- [27] Lupínek, Zb., inž.: Tuzemské hermetické niklikadmiové akumulátory, AR 4/65, str. 11 až 13.
- [28] Libermann: Ein schnurloses elektronisches Blitzgerät zum Selbstbau, Radio und Fernsehen 17/64, str. 531 až 532.
- [29] Jakubaschk, H.: Das grosse Elektronik-bastelbuch, Deutscher Militärverlag, II. vydání, Berlín 1966.
- [30] Koudela, Vl.: Plošné spoje, SNTL, Praha 1966.



Obr. 36

RADIOVÝ KONSTRUKTÉR — časopis Svazarmu, vychází dvouměsíčně. Vydává Vydavatelství časopisů MNO, Praha 1, Vladislavova 26, tel. 234 355-7 ● Hlavní redaktor František Smolík ● Redakční rada: K. Bartoš, L. Březina, inž. J. Čermák, K. Donát, O. Filka, A. Hálek, inž. M. Havlíček, V. Hes, inž. J. T. Hyanc, K. Krbec, A. Lavante, inž. J. Navrátil, V. Nedvěd, inž. J. Nováková, inž. O. Petráček, dr. J. Petránek, K. Pytner, J. Sedláček, L. Zýka ● Redakce Praha 2, Lublaňská 57, telefon 223 630 ● Ročně vyjde 6 čísel. Cena výtisku 3,50 Kčs, pololetní předplatné 10,50 Kčs, roční předplatné 21,— Kčs ● Rozšířuje Poštovní novinová služba, v jednotkách ozbrojených sil VČ MNO — administrace, Praha 1, Vladislavova 26. Objednávky přijímá každý poštovní úřad a doručovatel ● Dohledací pošta Praha 07 ● Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS — vývoz tisku, Jindřišská 14, Praha 1 ● Tiskne Naše vojsko, závod 01, Na valech 1, Praha 6, Dejvice ● Za původnost příspěvků ruší autor. Redakce rukopis vrátí, bude-li vyžádán a bude-li připojena frankovaná obálka se zpětnou adresou ● Toto číslo vyšlo 20. prosince 1966

© Vydavatelství časopisů MNO, Praha

A—23*61914

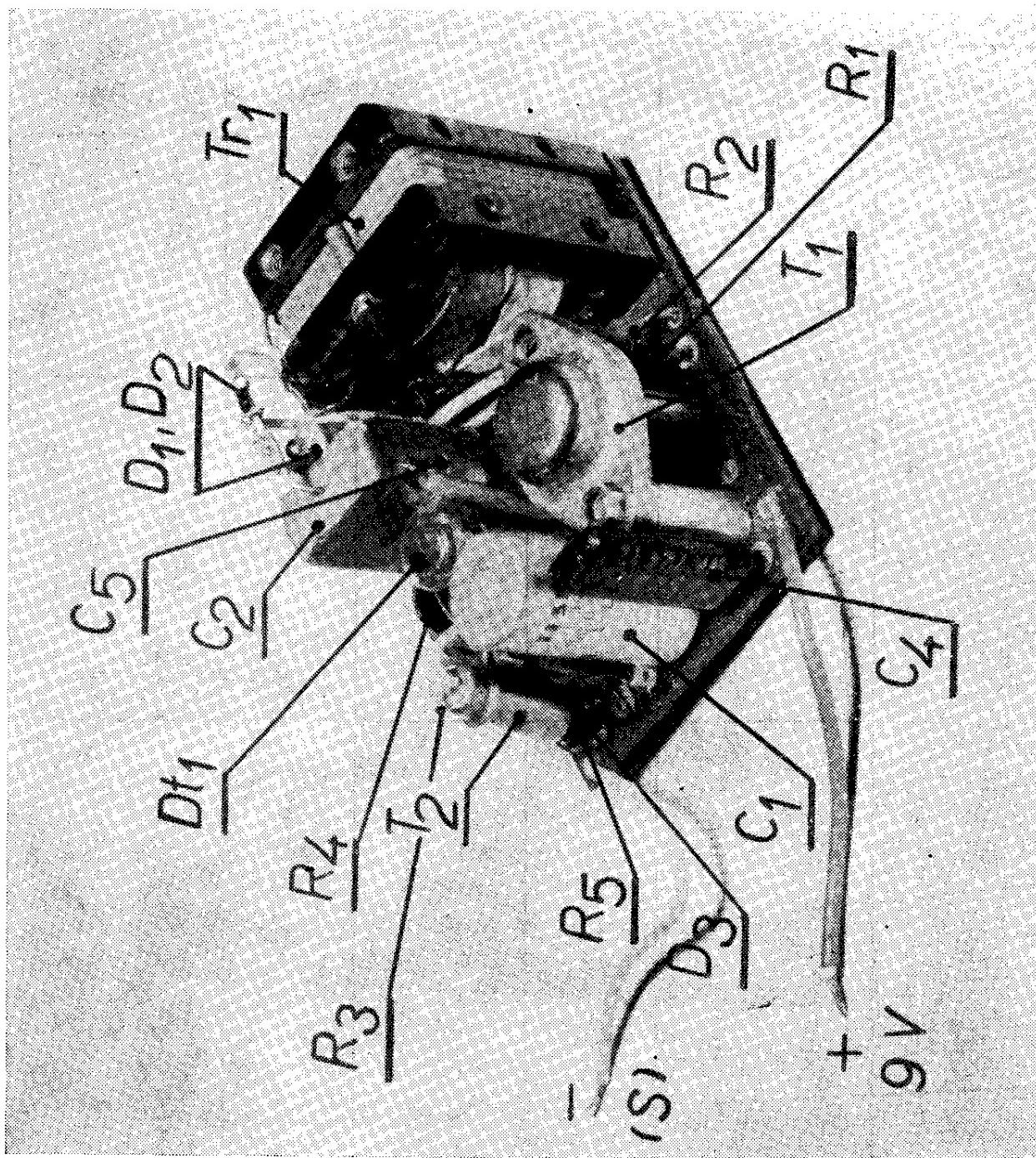
Bleskové výbojky

Tabulka 2

Typ	Staré označení	Max. energie výboje (Ws)	Provozní napětí [V]	Světelný výkon [1m/s]	Pozn.
Tesla ABS	1008	110	800–1000	4800	plněné argonem Ø 30/78
DGL Pressler					náplň xenon
XB 80-2	XB 103	200	500–1000	3300	Ø 30/85 mm
XB 80-3	XB 101	100	1500–2500	3300	Ø 30/90 mm
XB 80-4	XB 202	200	100–2500	6600	Ø 30/100 m
XB 80-11	Lyra XB1021	300	1500–3500		bez baňky
XB 80-18	XB 104	50	200–300	1650	Ø 30/65 mm
XB 80-60	XS 2000j	20	800–1000		bez patice
XB 81-00	00 G-180	150	250–500		bez patice
XB 81-62	XB 106	100	250–500		Ø 3085 mm
XB 81-6	XB 601	200	250–500		Ø 30/85 mm
XB 00 G-16	U-Blitz	150	500–1000		bez patice
XB 00 G-18	Klien-Lyra	200	500–1500		bez patice
XB 00 G-19	U-Blitz	50	500–1000		bez patice
XB 00 G-33	Blitz-Rohr	200	1000–2500		bez patice
XB 00 G-34	Punkt-Blitz	25	300–500		bez patice
XB 00 G-63	Zylinder	80	500–1000		bez patice
XB 00 G-103	Doppel-Ring	350	3000–4000		bez patice
XB 00 G-108	Punkt-Blitz	50	500–600		bez patice
XB 00 G-130	Ring-Blitz	500–1000	500–1000		bez patice
XB 00 G-138	Endes-Blitz	100	500–400		bez patice
XB 00 G-158	Punkt-Blitz	200	500–1000		bez patice
XB 00 G-160	Nadel-Blitz	130	500–1000		spec. patice
XB 00 G-165	Endos-Blitz	10	200–400		bez patice
XB 00 G-166	Spiral-Blitz	150	500–1500		bez patice
XB 00 G-167	Ring-Blitz	100	500–500		bez patice
XB 00 G-196	Punkt-Blitz	200	500–1000		bez patice
XB 00 G-307	Spiral-Blitz	100	500–1000		bez patice
XB 8200	Stabblitz	40	400–700		bez patice
Tungsram					náplň xenon
VF 5 02		400–500	400–500		Ø 30/65 mm
VF 503		100	400–500	48 l m/V	bez patice
Osram					
BL 3		200	1000		s paticí
BL 4		200	1000		s paticí

Tabulka 2

Typ	Staré označení	Max. energie výboje (Ws)	Provozní napětí [V]	Světelný výkon [1 m/s]	Pozn.
Mullard					
LSD 2		56	7000–10 000	1500	Ø 33/140 mm
LSD 3		100	2000–2700	4000	Ø 30/86 mm
LSD 3A		100	2000–2700	4000	Ø 30/86 mm
LSD 7		200	2000–2700	10 000	Ø 30/100 mm
LSD 8		100	2700		Ø 40/120 mm
Mazda					
FA 4		300	2000–2700		spec. pat.
FA 5		150	1000–2000		spec. pat.
FA 6		100	500–1100		v baňce s paticí
FA 7		200	2000–2700		v baňce s paticí
FA 8		75	250–500		v baňce s paticí
FA 9		200	500–1100		v baňce s paticí
FA 10		50	200–270		spec. pat.
FA 12		50	145–200		spec. pat.
Sieflash					
SF 3		300	2500	12000	Ø 45/90 mm
SF 5		200	2500	7000	Ø 15/260 mm
SF 6		100	2500	3000	Ø 15/180 mm
SF 7		56	7000		Ø 25/122 mm
SF 8		200	2000–3000	8500	Ø 30/86 mm
SF 9		300	2500	12000	Ø 126/127 mm
SF 10		200	1000	4500	Ø 30/70 mm
SF 11		300	500	4500	Ø 30/70 mm
SF 12		75	500	3500	Ø 30/70 mm
SF 13		75	500	3500	Ø 25/55 mm
SF 14		50	250	2250	Ø 11/85 mm
SF 15		100	250	1500	Ø 24 53 mm
SSSR					
IFK 20		20	13 + 10		bez patice
IFK 50		50	200 + 15		bez patice
IFK 120		120	300 + 20		bez patice



Obr. 37. Pohled na „srdečce“ elektronického blesku. Na perlinaxové desničce jsou umístěny téměř všechny součásti. Vpravo nahoru je připevněn permanentní transformátor Tr_1 , před ním je výkonový spínač tranzistor OC30. Vlevo v rohu je pomocný tranzistor GC502 a zá nim současně ohvodu automatiky. V prostoru mezi těmito hlavními součástkami jsou zbyvající odpoxy a kondenzátory.

(Značení součástí odpovídá znázornění v obr. 35 na str. 61.)

AMATÉRSKÉ RADIO

začíná kromě dalšího bohatého obsahu uveřejňovat od ledna 1967 dvě nové rubriky: první má název „Laboratoř mladého radioamatéra“ a je zaměřena na začínající radioamatéry, ve druhé – „Čtenáři se ptají“ najdete odpovědi na nejčastější otázky, které redakce dostává. Z dalšího obsahu: Nabíječ tužkových monočlánků, Stereofonní dekodér, Přijímač AM-FM, Měřič tranzistorů Mezní hodnoty tranzistorů, Věstranně použitelné fotorelé, rubrika Věrný zvuk atd.